AUTHOR:

BOUVIER, ROBERT

TITLE:

PENSEE D'ERNST MACH

PLACE:

PARIS

DATE:

1922

Master Negative #

91-80032-4

COLUMBIA UNIVERSITY LIBRARIES
PRESERVATION DEPARTMENT

BIBLIOGRAPHIC MICROFORM TARGET

Original Material as Filmed - Existing Bibliographic Record

Bouvier, Robert
... La pensée d'Ernst Mach; essai de ...
intellectuelle et de critique ... par Robert
Bouvier ... Paris, Chez l'auteur, 1922.
xiv, 370 p. 25½ cm.

Thesis, Genève, 1922.
Bibliography: p. 363-366.

Restrictions on Use:

TECHNICAL MICROFORM DATA

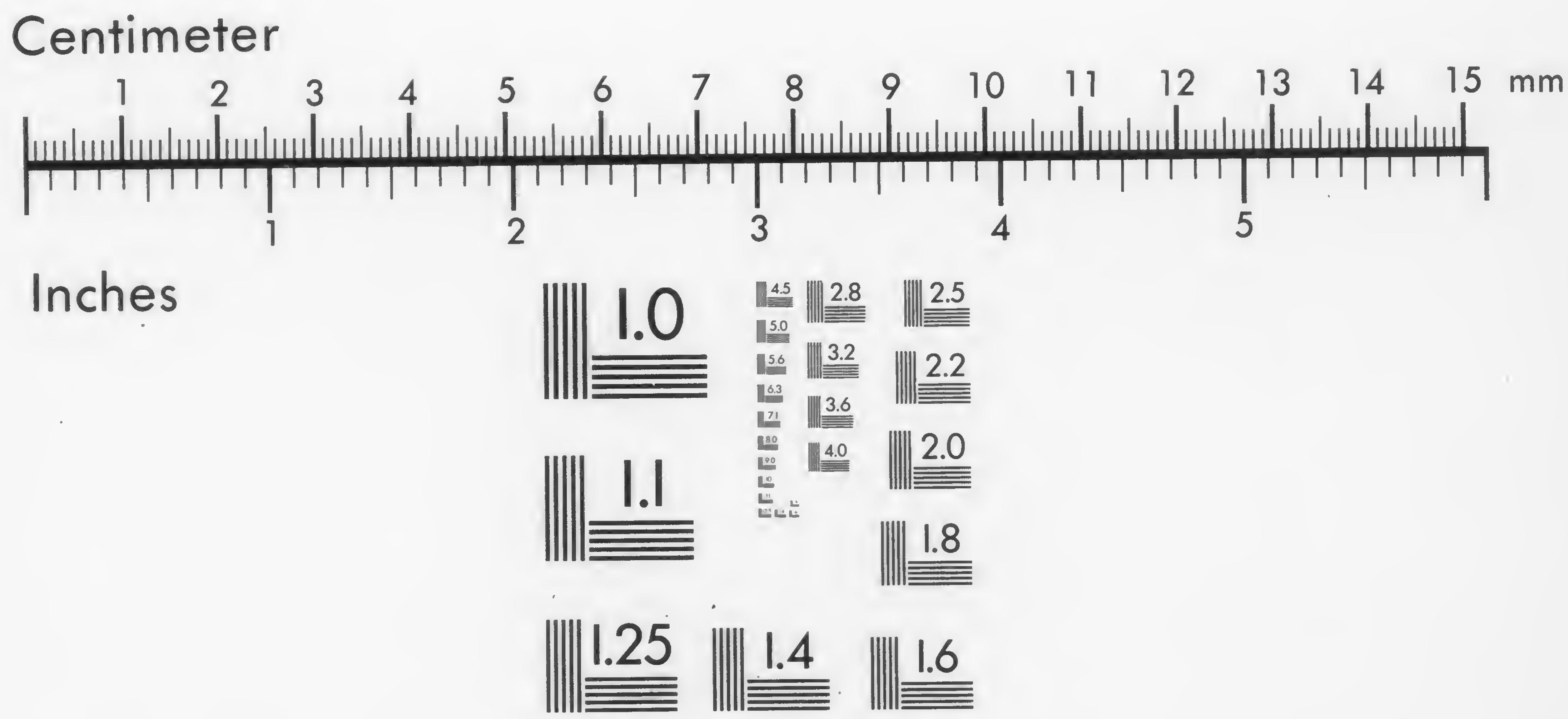
FILM SIZE: 35mm REDUCTION RATIO: 11x
IMAGE PLACEMENT: IA (IIA) IB IIB
DATE FILMED: 5/8/91 INITIALS F.C.
FILMED BY: RESEARCH PUBLICATIONS, INC WOODBRIDGE, CT

AIIM

Association for Information and Image Management

1100 Wayne Avenue, Suite 1100
Silver Spring, Maryland 20910

301/587-8202



UNIV[illegible] E [illegible] ENEVE — FA[illegible]ULTE DES LETT[illegible]S

LA PENS[illegible]E D'ERNS[illegible] MA[illegible]

ES[illegible] [illegible]IOGRAPHIE INTELLECTUE[illegible] ET DE CRI[illegible]IQUE

[illegible]HÈSE

[illegible] LA FACULTÉ DES LETTRES [illegible] [illegible]DE DE DOCTEUR EN PH[illegible]

[illegible]AR

[illegible]OUVIER

PARIS
CHEZ L'AUTEUR
[illegible], RUE DE SEINE (VI[e])

1922

LA PENSÉE D'ERNST MACH

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

La Faculté des lettres, sur le préavis d'une commission composée de MM. les professeurs Charles WERNER, Frank GRANDJEAN *et* Edouard CLAPARÈDE, *autorise l'impression de la présente thèse, sans entendre par là exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.*

Genève, le 15 juillet 1922.

Le Doyen de la Faculté,

VICTOR MARTIN.

THÈSE N° 42.

UNIVERSITÉ DE GENÈVE. — FACULTÉ DES LETTRES

LA PENSÉE D'ERNST MACH

ESSAI DE BIOGRAPHIE INTELLECTUELLE ET DE CRITIQUE

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES LETTRES POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN PHILOSOPHIE

PAR

Robert BOUVIER
(GENÈVE)
Bachelier ès lettres
Bachelier ès sciences physiques et chimiques

THÈSE N° 42

PARIS
CHEZ L'AUTEUR
67, RUE DE SEINE (VIe)
1922

IN MEMORIAM

UXORIS DILECTISSIMÆ

GENEVIEVE NATÆ TEISSIER DU CROS

† IX FEBR. MCMXIV

ABRÉVIATIONS

pour la citation des œuvres d'Ernst Mach

Anal. =	Die Analyse der Empfindungen. 6te Aufl. Jena 1911.
Bewegsempf. =	Grundlinien der Lehre von den Bewegungs empfindungen. Leipzig 1875.
Erhalt. Arb. =	Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit. Prag 1872. — 2ter Abdruck, Leipzig 1909.
Erk. =	Erkenntnis und Irrtum, 2te Aufl. Leipzig 1906.
Conn. =	La Connaissance et l'Erreur, trad. par le Dr Marcel Dufour. Paris 1908.
Méc. =	La Mécanique, trad. sur la 4e édit. allemande par Em. Bertrand, Paris 1904.
Pop. =	Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. 4te Aufl. Leipzig 1910.
Wärmel. =	Die Principien der Wärmelehre. 2. Aufl. Leipzig 1900.

PRÉFACE

Si les futurs historiens de notre civilisation prennent encore pour cadre et pour jalons de leurs exposés les événements politiques les plus frappants, ils envisageront peut-être comme « une époque » distincte la tranche d'une cinquantaine d'années qui va des guerres d'unification de l'Italie et de l'Allemagne (1860-1870) à la grande Guerre de 1914. Les peuples de l'Occident ont vécu là en effet, entre deux périodes troublées, une ère de paix relative, un demi-siècle de prospérité croissante, qui forme un moment historique particulier, un âge révolu. Certains esprits aux vues larges et prophétiques croient y apercevoir déjà tous les signes du fatal déclin de l'Occident... L'avenir saura s'ils ont vu juste. Pour le moment quelques traits plutôt extérieurs de cette époque me semblent seuls acquis à l'histoire. Par exemple : — La technique industrielle, le machinisme, les moyens de communication rapide, les applications de l'électricité et de la chimie, n'ont cessé de progresser et ont transformé les mœurs. — Sur la scène politico-économique, les puissances britannique et française ont maintenu à peu près leurs positions, tandis que celle de l'Allemagne impériale prenait un essor inouï, vertigineux, jusqu'à la catastrophe de 1914. — Deux systèmes d'idées et de sentiments, le nationalisme et le socialisme, bien qu'apparemment antagonistes, n'ont cessé d'accroître simultanément leur emprise.

Mais dans les beaux-arts, dans la science pure, dans l'enchevêtrement complexe des mouvements d'idées, quels furent les courants réellement dominants ? Nous n'avons pas encore assez de recul pour en juger. L'un des faits qui apparaîtront toutefois comme caractérisant la pensée de ce demi-siècle, c'est peut-être l'autorité, le prestige que revêt l'idéal scientifique dans les

esprits, autorité qui va croissant jusqu'à un apogée, puis traverse une crise, et ce sont alors des préoccupations morales qui viennent à leur tour au premier plan.

Ainsi vers 1860 en France règne l'esprit positiviste de Renan et de Taine, respectueux des méthodes scientifiques, visant à en étendre le plus possible l'application, et au surplus, agnostique. Cependant l'attitude morale des contemporains semble s'inscrire entre deux pôles littéraires : les lourds romans naturalistes de Zola, les livres subtils de M. France, épicurien ironique. Une réaction se dessine vers 1895 : des critiques vigoureux, Boutroux, Poincaré, M. Bergson portent une atteinte sérieuse au culte de la science, et des écrivains prestigieux, M. Barrès, Péguy, M. Maurras enseignent à leur génération une nouvelle manière de croire et d'affirmer.

De même dans la pensée d'expression anglaise, l'âge positif et agnostique de Darwin et de Spencer est suivi de celui de W. James et des pragmatistes.

Quand on considère les guides de la pensée allemande dans ce demi-siècle, on n'aperçoit pas aussi nettement deux phases opposées. On trouve d'abord deux continuateurs de Schopenhauer : Hartmann, auteur d'un nouveau système métaphysique, et Nietzsche, moraliste paradoxal aux lueurs géniales, théoricien lyrique et douloureux du Surhomme orgueilleux et dur. Le biologiste Haeckel offre à ses contemporains une foi nouvelle, le Monisme, doctrine composite et pseudo-scientifique, qui prétend résoudre l'énigme universelle. Wundt, philosophe encyclopédique, est un type de prodigieux travailleur allemand. M. Chamberlain, brillant essayiste, exalte et enfle l'orgueil de race des Germains.

Cependant l'œuvre d'un savant autrichien, Ernst Mach (qui couvre précisément la période de 1860 à 1915), sans avoir atteint la notoriété et les énormes tirages des précédents, s'est attiré un juste renom.

Physicien et historien de la physique, psychologue expérimental, théoricien de la méthode scientifique et de la connaissance en général, Mach incarne cette préoccupation de la science qui est l'une des marques de son temps. Il réunit dans sa personne la foi enthousiaste dans la puissance de la science, l'intelligence parfaite de sa méthode et le sentiment de ses limites et de son essentielle relativité. Représentant typique d'un des grands courants d'idées de son époque, Mach est en outre, sur bien des points, un initiateur. On le verra, j'espère, en lisant cet essai, par la simple indication des dates, sans qu'il soit besoin de minutieuses discussions de priorité :

Avant James, Mach a proclamé que la vérité de nos connaissances, même scientifiques, consiste dans leur efficacité à rendre compte pratiquement des faits pour la pensée, et finalement dans leur utilité pour la vie.

Avant Poincaré, il a montré que les principes sur lesquels reposent nos sciences mathématiques et naturelles ne sont que des hypothèses conventionnelles, qui se recommandent pour leur commodité.

Avant M. Bergson, il a indiqué que si la réalité est un devenir toujours mouvant, la fonction de notre intelligence est de l'immobiliser par les mots et les concepts, qui ne saisissent que ce qui est permanent et identique dans l'écoulement des phénomènes.

Avant M. Einstein, il a marqué le caractère relatif du temps et de l'espace physiques, par ce que toute détermination de mouvement doit être rapportée nécessairement à des repères observables, dont aucun ne peut être dit absolument fixe.

Ces remarques, bien entendu, n'ôtent rien au mérite de ces auteurs ; d'autant que souvent ils ont exprimé les mêmes idées avec plus de force et de maîtrise que Mach. Elles font du moins sentir l'importance relative de la place qui lui revient.

Or Mach n'est certainement pas encore assez connu des lecteurs français. Deux de ses principaux ouvrages ont été traduits : *La Mécanique* en 1904, et *La Connaissance et l'Erreur* en 1908 ; mais aucune étude en français sur l'ensemble de son œuvre et de sa pensée n'a

paru jusqu'ici. Le chapitre de M. Höffding sur Mach dans ses *Philosophes contemporains* est peu étendu; ceux de M. A. Rey dans *La Théorie de la physique*, et de M. R. Berthelot dans *Un Romantisme utilitaire*, ne considèrent qu'un aspect de sa pensée. L'objet et l'ambition de cet essai est donc de faire connaître plus complètement au public français une illustration scientifique de l'étranger et une œuvre remarquablement représentative, d'apporter du même coup une contribution, si minime soit-elle, à la future histoire d'une époque de la civilisation, et enfin tout simplement de faire réfléchir à quelques problèmes, d'exciter le lecteur à l'exercice de la pensée.

En divisant l'ouvrage en deux parties, premièrement l'exposé, ensuite la critique, j'ai voulu séparer les deux éléments que la plupart des monographies analogues combinent plus ou moins habilement : le compte rendu objectif, impassible, d'une œuvre et d'une doctrine, et les jugements de valeur portés sur elles. Je n'ignore pas que toute analyse poussée à une certaine profondeur est déjà une interprétation et une critique, et qu'au surplus il n'est possible de présenter des critiques qu'en reprenant partiellement l'analyse, ce qui produit des redites. J'ai pensé néanmoins que par cette séparation, faite aussi franche que possible, l'ouvrage gagnerait en netteté. On verra d'ailleurs que le dernier chapitre de la première partie, qui traite de la philosophie pratique de Mach et de son type d'esprit, et qui résume tous les précédents en une caractéristique générale, forme une transition entre l'exposé et la partie critique.

Si j'intitule la première partie *Biographie intellectuelle*, c'est que mon dessein a été d'y retracer la formation, l'évolution, la vie même de la pensée de Mach. Il s'agissait donc d'exposer son œuvre, non pas dans un ordre logique et systématique plus ou moins arbitraire, mais dans son ordre réel, chronologique ou historique. Le mode systématique d'exposition est pourtant le plus souvent adopté, parce qu'il est plus propre

à l'enseignement et satisfait notre besoin de classification et de clarté logique. Mais c'est un procédé statique et artificiel, qui ne saurait fournir une image fidèle et vivante de la réalité à décrire. L'ordre chronologique au contraire, s'il expose à des redites, a l'avantage de ne pas disloquer la succession effective, la filiation réelle des idées et des travaux de l'auteur étudié. Seul il permet de donner l'impression du développement vivant d'une activité intellectuelle. Il est vrai que donner cette impression reste une tâche difficile, et qui exige de multiples conditions. Pour écrire la véritable biographie d'une pensée, dira-t-on, il ne suffit pas d'analyser les œuvres dans leur ordre de publication (ni même dans leur ordre de rédaction, quand on peut le déterminer), il faudrait connaître tous les écrits inédits, notes, projets, correspondance privée; mieux encore il faudrait avoir connu le penseur en personne, l'avoir interrogé familièrement... Je dois avertir le lecteur que je me suis passé, bien qu'à regret, de cette dernière source d'information, non seulement parce que la guerre et diverses circonstances m'ont empêché d'aller, avant la mort d'Ernst Mach (fév. 1916), le visiter chez lui, et d'entrer en contact personnel avec ses proches, mais parce que je n'ai pas cru cela nécessaire pour mon dessein. Je crois qu'on peut fort bien écrire une biographie d'*auteur* sans posséder tous les éléments de la vie privée de l'*homme*. Le terme d'auteur ne désigne pas, à mon sens, une simple abstraction de l'homme, — à savoir : l'homme en tant qu'intelligence littérairement productive, — mais plutôt un être doué d'une certaine vie indépendante, qui se manifeste tout entière dans l'œuvre publiée. Il ne s'agit que de l'y retrouver.

Or Mach a grandement facilité lui-même ce travail de composition de sa biographie intellectuelle, en munissant ses ouvrages de notes et d'avertissements, qui non seulement renvoient loyalement aux auteurs consultés, mais nous renseignent volontiers sur la genèse et la formation de ses propres idées. A la lettre on peut

appliquer à Mach lui-même ce témoignage qu'il a rendu à un autre savant (Huyghens) : « Il se fait remarquer par une sincérité parfaite qui montre une grande élévation de caractère. Il expose ouvertement les méthodes par lesquelles il fut conduit à ses découvertes et permet ainsi au lecteur d'arriver à la complète intelligence de ses théories. » (Méc. 148.) Le scrupule de ne cacher aucun emprunt va si loin chez Mach, qu'une fois, après avoir énoncé l'une de ses vues théoriques les plus originales, craignant de faire tort à quelque devancier, même inconnu, il ajoute cette note : « Je regrette beaucoup que le titre et l'auteur d'un petit écrit qui concordait jusqu'en plusieurs détails avec mon point de vue, et que je crois avoir lu en courant dans un moment où j'étais surchargé d'occupations (en 1879-1880), ait si complètement disparu de ma mémoire, que toutes mes tentatives pour le retrouver sont restées vaines. » (Pop. 241 n.)

Frappé de cette probité extrême et de la critique judicieuse que Mach a coutume d'exercer sur soi-même, persuadé qu'il n'a cherché, par ces indications parsemées dans ses livres, qu'à présenter et non à poétiser son propre personnage, je m'en suis généralement rapporté à lui. Je n'ai négligé aucun des renseignements que j'ai pu trouver dans les études consacrées à Mach; mais surtout j'ai lu et relu ses ouvrages, et j'espère que cette enquête longue et patiente m'a donné enfin une idée complète, m'a livré le secret de cette personnalité d'auteur. Encore une fois l'homme appartient à sa famille et à ses proches, l'auteur seul relève de l'histoire.

Profitant de ce que Mach indique continuellement ses références, j'ai pris connaissance des ouvrages dont il atteste avoir subi l'influence et, surtout pour les débuts de sa carrière, j'ai tâché de reconstituer l'ambiance, les courants intellectuels au milieu desquels sa pensée s'est développée et la manière dont ses propres idées en sont sorties. Je sais bien qu'un grand critique, M. Thibaudet, conseille aux historiens de la philosophie de ne pas toujours « voir leur sujet sous l'angle un peu

spécial des dérivations d'idées issues de lectures ». Et sans doute on doit réserver la part des autres causes de toutes sortes, plus ou moins insaisissables, qui font apparaître les idées, et la part de l'invention toute pure. Je ne vois pourtant guère d'autre méthode que l'examen des livres lus pour déceler les influences d'un auteur sur un autre. Je me suis donc étendu un peu sur la Psychologie de Herbart et la Psychophysique de Fechner, sur les recherches de physiologie sensorielle de Helmholtz, et les doctrines de Darwin et de Spencer, qui ont exercé une action formatrice sur la pensée de Mach. En revanche je n'ai guère fait que mentionner les auteurs tels que Hume, Avenarius, Clifford, Pearson, W. James, dont les idées présentent, par rencontre fortuite, de grandes ressemblances avec celles de Mach, mais qui n'ont point été ses maîtres. Enfin, au risque de décevoir l'attente de quelques lecteurs, je n'ai pas entrepris de comparer Mach avec Poincaré, M. Bergson, M. Schiller ou d'autres pragmatistes, car ces penseurs lui sont restés inconnus.

« Le personnage principal doit être présenté d'emblée dans la première phrase du récit, pour n'être plus ensuite abandonné un seul instant ; des faits extérieurs on ne nous présentera que ce que ce personnage en perçoit et sous la forme même où ces faits arrivent à sa perception ; enfin l'action sera continue, sans coupure, et n'admettra rien d'inutile. » J'ai trouvé quelque part ce programme, formulé à l'intention des romanciers, mais j'ai pensé que rien n'empêchait un auteur de monographie historique de s'en inspirer à sa manière. C'est ce que j'ai fait.

La seconde partie, l'*Examen critique de la pensée de Mach*, qui remplit le quart du volume, aurait pu assurément être étendue encore à l'infini. Les travaux de Mach se rapportent au champ entier de la physique, à beaucoup de chapitres de la psychologie, et abordent ou soulèvent presque tous les problèmes philosophiques. Il est clair que pour leur discussion critique je devais faire un choix. Je me suis borné à trois ques-

tions d'ailleurs très vastes : Quelle est la valeur de Mach comme *psychologue*, et particulièrement comment a-t-il entendu l'*explication* en psychologie? Que valent ses contributions à la *philosophie des sciences?* Que manque-t-il à sa conception métaphysique de *la réalité* et comment pourrait-on la compléter?

On me permettra enfin, au moment de publier mon premier livre, de remercier les maîtres à qui je dois, après mes parents, la formation de ma pensée. Tout d'abord M. Emile Privat, instituteur, qui a ouvert mes yeux d'enfant sur les choses et mon esprit à ses premières idées; M. Auguste Gampert, pasteur, qui le premier m'a fait réfléchir aux problèmes de la destinée humaine; M. Henri Mercier, professeur au Collège de Genève, qui fut mon premier maître de philosophie. Je nommerai ensuite avec gratitude les professeurs dont j'ai suivi les cours à Berlin, à Leipzig et à Paris : MM. Riehl, Simmel, Wundt, Delbos, Brunschvicg, Lalande, G. Milhaud. Enfin je tiens à rendre un témoignage spécial de reconnaissance à mes maîtres de l'Université de Genève : M. Adrien Naville, professeur honoraire, qui enseignait la logique et la théorie de la science, et feu Théodore Flournoy, qui enseignait la psychologie et l'histoire et philosophie des sciences, maîtres que je vénère pour leur liberté d'esprit, pour leur savoir si haut et si solide, pour leur enseignement lumineux, qui a guidé et nourri ma pensée, et pour leur appui bienveillant, qui a soutenu mes efforts. Je remercie aussi très cordialement MM. les professeurs Ed. Claparède, Ch. Werner, H. Reverdin et F. Grandjean pour leur enseignement et leurs encouragements.

PREMIÈRE PARTIE

L'ÉVOLUTION DE LA PENSÉE DE MACH BIOGRAPHIE INTELLECTUELLE

CHAPITRE PREMIER

Enfance et première jeunesse

Etudes. Influence d'une lecture de Kant.

Ernst Mach naquit le 18 février 1838 à Turas en Moravie[1]. Il eut une enfance heureuse à la campagne. Son père, d'abord précepteur dans une grande famille de Vienne, s'était bientôt voué, par antipathie pour la vie mondaine, à la culture d'un domaine agricole qu'il possédait au village de Unter-Siebenbrunn, à 30 kilomètres à l'est de Vienne, non loin de Wagram. Cet homme avait un esprit indépendant et un caractère désintéressé ; sa carrière d'agronome fut traversée de difficultés et il n'arriva jamais à une grande aisance[2]. Sa femme était une nature délicate et douée pour les arts. Ils eurent un fils et deux filles. Ernst Mach reçut de son père ses premières leçons. Quand il eut 9 ans, on le fit entrer à l'école des Bénédictins de Seitenstetten, mais on l'en retira bientôt. De l'avis des bons

1. Sauf indication contraire, les détails biographiques qui suivent sont empruntés à un article de la revue de Chicago, The Monist : *Professor Mach and his work*. Cet article composé par le rédacteur de la revue, P. Carus, d'après des notes fournies par E. Mach lui-même, a la valeur d'une autobiographie. — Monist. XXI (1911), I, p. 19 ss.

2. *Erinnerungen einer Erzieherin*, Wien, 1913, œuvre d'une des sœurs de Mach, citée par H. Henning, *Ernst Mach als Philosoph*. Leipzig 1915, p. 1.

moines, l'enfant montrait peu de goût pour l'étude : sa mémoire rebelle ne parvenait pas à retenir les déclinaisons et les conjugaisons. Mais déjà en secret, son imagination s'enchantait de machines, de moulins à vent ou d'expériences sur la pression atmosphérique que son père lui avait montrées.

Son instruction fut donc continuée à la maison jusqu'à l'âge d'entrer au gymnase. Quoique moins doué pour les langues, il parvint à lire assez couramment les auteurs anciens. Pour les mathématiques et la physique, il put bientôt être laissé à lui-même, tant il avait de goût pour ces sciences. Son temps était partagé entre les leçons de son père et divers travaux aux champs. Sur sa demande on lui fit apprendre aussi la menuiserie ; deux jours par semaine il travaillait sous la direction d'un habile ouvrier. L'adresse manuelle qu'il acquit ainsi lui fut utile plus tard pendant toute sa carrière d'expérimentateur.

Le père de Mach était particulièrement versé en littérature latine et en histoire, et sans avoir des connaissances scientifiques approfondies, il savait stimuler l'intelligence de son fils, soit en lui racontant, d'après Vitruve ou Plutarque, des anecdotes sur les savants de l'antiquité, soit en lui apprenant à observer la nature, bêtes et plantes, qu'il aimait passionnément.

Notons ce fait que Ernst Mach fut, pendant toute son enfance, instruit à la maison par un père intelligent et plein de sollicitude. Il échappa ainsi à l'action étouffante que l'école publique ne manque guère d'exercer sur les sujets les mieux doués. C'étaient des conditions favorables à son développement intellectuel qui fut très précoce.

Il n'entre à l'école qu'à quinze ans, au gymnase piariste de Kremsier (Moravie). Cette institution était, comme toutes les autres en Autriche, sous l'influence de la réaction cléricale qui a suivi l'échec de la Révo-

lution de 1848. Après une enfance si libre, Mach souffrit un peu de l'atmosphère du gymnase. Les exercices rituels obligatoires y tenaient une place considérable. Comme l'écolier s'en plaignait à son père, le bonhomme lui fit cette réponse malicieuse : « Si tu étais élevé chez les Samoyèdes, tu aurais à supporter des choses bien pires. » Cependant le professeur d'histoire naturelle F.-X. Wesseley enseignait la théorie évolutioniste de Lamarck et la cosmogonie de Laplace, sans s'inquiéter de leur incompatibilité avec les récits bibliques ; et il savait intéresser ses élèves. « Au gymnase, raconte Mach[1], j'appris une fois que des plantes de l'hémisphère austral, transportées chez nous, y fleurissent non au printemps, mais au moment où leur pays d'origine a le printemps, comme si elles étaient douées d'une sorte de mémoire. Je me souviens très bien de la commotion intellectuelle que me causa cette révélation. »

La curiosité philosophique s'éveilla aussi chez lui précocement. « Je me suis toujours particulièrement félicité, raconte-t-il, de ce que de très bonne heure (j'avais quinze ans environ) les *Prolégomènes* de Kant me tombèrent sous la main, dans la bibliothèque de mon père. Cet ouvrage me fit alors une impression absolument ineffaçable ; aucune de mes lectures philosophiques ultérieures ne m'en a fait ressentir de pareille[2]. » Il ne dit pas quelle est l'assertion de Kant qui frappa particulièrement son esprit. Car si précoce qu'il fût, l'adolescent évidemment n'avait pas pu s'assimiler dans toute sa complexité la discussion ardue des *Prolégomènes à toute métaphysique future*. Néanmoins cette lecture donna la première impulsion à sa pensée personnelle. La thèse centrale de cet ouvrage est bien faite, en effet, pour ébranler la conception du monde qui est celle de l'homme naïf. Tandis que celui-ci se

1. Anal. p. 60.
2. Anal. p. 24.

croit assuré de connaître, tels qu'ils sont, les corps, les choses qui l'entourent, l'Idéalisme critique vient lui dire :

Sans doute « il existe des choses qui nous sont données comme des objets de nos sens, extérieurs à nous ; mais nous ne savons rien de ce qu'elles peuvent être en elles-mêmes ; nous ne connaissons que leurs manifestations phénoménales, c'est-à-dire les représentations qu'elles produisent en nous, en affectant nos sens[1] ».

Si forte qu'ait été l'impression produite par ce contact avec Kant, Mach n'en retiendra guère, comme nous le verrons, que cette vérité : nous ne connaissons que des phénomènes ; le seul objet qui nous soit donné, ce sont les perceptions de nos sens[2]. Quant à l'autre partie de la thèse citée, celle qui concerne la « chose en soi », elle lui causa d'emblée un certain malaise intellectuel. Comment admettre des choses parfaitement inconnaissables en elles-mêmes, qui néanmoins doivent exister nécessairement, comme étant la cause qui produit les phénomènes ?

Après deux ou trois ans de réflexion latente et d'incubation, soit vers l'âge de 18 ans, Mach eut, à ce qu'il raconte, une sorte de révélation à ce sujet. « Je ressentis soudain, dit-il, que la « chose en soi » joue un rôle superflu. Par une belle journée d'été à la campagne, tout d'un coup le monde, y compris mon moi, m'apparut comme une seule masse cohérente de sensations, dont la cohésion était seulement plus forte dans le moi. » Et il ajoute : « Bien que la réflexion proprement dite n'intervint que plus tard, ce fut là un moment déterminant pour l'ensemble de mes conceptions ultérieures[3]. »

1. Prolégomènes, 13. Rem. II.
2. Toute la théorie kantienne de l'entendement et de ses concepts *a priori*, de la raison, de ses antinomies et de ses *idées régulatives* resta lettre morte pour Mach.
3. Anal. 24 n.

L'indication est brève, mais importante. Arrêtons-nous un instant sur ce petit événement. Il n'est pas bien difficile de se représenter ce qu'il a pu être. Chacun n'a-t-il pas connu dans sa jeunesse de ces moments d'exaltation involontaire, d'élévation momentanée au-dessus du niveau journalier où, à la faveur d'une journée de beau temps, « mille sensations de poésie et de bien-être confus s'envolent avec allégresse du fond de la bonne santé[1] » ?

Une légère accélération des fonctions organiques donne alors une impression de vie surabondante. La conscience du moi individuel tend à s'effacer. Il arrive même que toute idée et toute image disparaissent de la conscience, pour n'y plus laisser subsister qu'une émotion ; c'est alors un état voisin de l'extase mystique, dans laquelle un sentiment ineffable de suavité, d'union, de fusion, de ravissement, occupe et remplit toute la conscience[2].

On a distingué cependant deux genres d'extases : l'une voluptueuse et centrifuge, le *ravissement poétique*, nous aide à fuir la réalité ; l'autre grave et active, qui tend à une *possession* du monde plus complète et plus profonde, nous fait deviner la réalité cachée[3]. L'expérience rapportée par Mach dut ressembler plutôt à ce dernier type, à une « extase de possession ». Du moins elle ne consista pas en un état essentiellement affectif. Si le jeune promeneur éprouva peut-être un instant, dans cette belle journée d'été, comme une ivresse panthéiste, la joie de communier avec la nature, ce sentiment fut vite transformé par une interprétation tout intellectuelle. C'est en effet une conception de la réalité, une vision du monde et de l'être, jusqu'alors

1. Expression de M. Proust, *Pastiches et Mélanges*, p. 241.
2. H. Delacroix, *Le mysticisme*. « Scientia » 1917, p. 465-473.
3. Jean Schlumberger, *Lettre à un historien*. Nouv. Revue Française, juill. 1920, p. 50.

subconsciente, qui s'élève en cet instant privilégié à la lumière de la conscience. Elle se présente comme une certitude et se laisse exprimer en propositions claires : Le monde avec mon moi ne forme qu'une masse cohérente de sensations...

Nous aurons à revenir (Chap. VII) sur le contenu de cette révélation, germe de la future théorie de la connaissance de Mach. Notons seulement ce fait que dès sa première jeunesse, et sous l'influence d'une lecture précoce de Kant, il prit conscience, par une intuition immédiate, des tendances de sa propre pensée. Et la tendance essentielle qui se fait jour consiste à surmonter le dualisme philosophique du monde et du moi, des phénomènes et des choses, par le moyen d'une sorte de sensualisme universel qui n'admet aucun être transcendant : Il n'existe qu'une grande masse bien ordonnée de sensations, fortement liée à ce que nous nommons notre moi ; les éléments du monde et ceux du moi sont les mêmes, ce sont les phénomènes, et il n'y a pas de «choses en soi». Telle est la réaction personnelle de Mach à l'égard de la doctrine de Kant : il la corrigeait sur un point et s'en faisait, quant au reste, un résumé intuitif qui la simplifiait à l'extrême.

Nous avons laissé le jeune homme au gymnase de Kremsier. Au sortir de cet établissement, il vint à Vienne pour étudier à l'Université la physique et les mathématiques. Il eut pour maîtres le physicien von Ettingshausen et les mathématiciens Petzval et Grailich. Après quatre années d'études, en janvier 1860, Mach âgé de 22 ans fut reçu « Doctor philosophiae ». Les candidats à ce grade devaient alors, paraît-il, subir trois interrogations de deux heures chacune sur différents sujets, et l'on insistait beaucoup plus sur la diversité que sur la solidité des connaissances[1].

1. The Monist. XXI, I, p. 26.

Peu après, Mach enseigne lui-même la physique comme Privat-docent à l'Université de Vienne. En même temps il donne des leçons particulières de mathématiques, qui l'aident à « joindre les deux bouts[1] ».

Avant de poursuivre dans le détail l'histoire de la pensée de Mach, ou sa biographie intellectuelle qui fait l'objet des neuf chapitres suivants, le lecteur sera peut-être désireux de posséder dès maintenant un aperçu sommaire de la carrière et de la vie extérieure de notre auteur.

Quatre ans après son doctorat, Mach fut nommé à 26 ans professeur de mathématiques à l'Université de Gratz. Il la quitta au bout de trois ans, appelé en 1867 dans le centre plus important de Prague. C'est comme professeur de physique à l'Université de Prague que Mach fit presque toute sa carrière : il y vécut de l'âge de 29 à 57 ans. Il se maria et eut quatre fils et une fille. Il ne fit guère qu'un court voyage hors d'Autriche, à Paris en 1881. A côté de son enseignement universitaire, il donnait souvent des conférences de vulgarisation scientifique. Il publia beaucoup. Dans le domaine de la physique, outre de nombreux petits travaux spéciaux, il donna deux ouvrages importants, la *Mécanique* et le *Traité de la chaleur*, qui renferment une théorie de la science. Dans le domaine de la physiologie sensorielle, il publia aussi un ouvrage de portée philosophique, l'*Analyse des sensations* (1886). Le recueil de ses *Conférences scientifiques populaires* parut en 1896.

Sa carrière fut couronnée en 1895 par l'appel à Vienne, à la chaire de philosophie des sciences. Mais la maladie l'obligea à prendre sa retraite (1902). Il publia encore son cours de Vienne : *La connaissance et l'erreur* (1905) et quelques articles. Il mourut en février 1916, âgé de 78 ans.

1. «to make both ends meet». — Monist. loc. cit. p. 28.

CHAPITRE II

Travaux de psychophysique

1859-1863 (21 à 25 ans)

Influence de la psychologie de Herbart. La *Psychophysique* de Fechner. Travaux psychophysiques de Mach. Première ébauche d'une théorie de la connaissance.

Mach n'avait pas attendu d'être Docteur pour publier ses premiers travaux. En 1859, âgé de 21 ans, il communiquait déjà à l'Académie des Sciences de Vienne, en collaboration avec deux collègues, une note *Sur la décharge électrique et l'induction*. L'année suivante, nouvelle communication sur le phénomène de Doppler, c'est-à-dire *Sur l'altération du son et de la couleur par le mouvement* de la source sonore ou lumineuse [1]. Mach présente une discussion mathématique et une vérification expérimentale nouvelle de la théorie de Doppler [2].

1. V. Bibliographie, p. 364.

2. On sait que la hauteur du son donné par un sifflet de locomotive, par exemple, parait monter si le train s'approche rapidement de l'observateur et descendre s'il s'en éloigne. De même certaines étoiles deviennent plus rouges ou plus bleues selon qu'elles s'éloignent ou s'approchent de la terre.

Mach s'adonne donc tout jeune aux recherches de physique et il leur restera fidèle jusqu'à sa fin. Mais dès le début il se pose à leur propos des questions plus générales. S'il est vrai, comme on le lit dans les *Prolégomènes* et comme le phénomène de Doppler en donne un exemple typique, que les agents physiques, lumière, son, etc., ne nous sont connus que par leur effet sur nos sens, qu'est-ce donc que nos sensations ? Dans quel rapport sont-elles avec les corps extérieurs qui les produisent ? Cette question fondamentale de la connaissance a intéressé Mach passionnément, plus encore peut-être que la physique pure.

A l'époque où le jeune physicien se tourne ainsi vers les questions psychologiques, les doctrines de Herbart avaient trouvé en Autriche des adeptes assez nombreux ; Mach étudia ses ouvrages de psychologie. Herbart est un esprit original ; bien qu'élève de Fichte, et contemporain de Schelling, de Hegel et du grand mouvement romantique, il ne partagea pas l'exaltation, l'ivresse spéculative, qui caractérise cette génération de philosophes. En face des excès de l'idéalisme, il fut un réaliste modéré qui cherchait à rapprocher la philosophie des sciences positives.

Plus connu comme métaphysicien et comme théoricien de la pédagogie, Herbart est pourtant aussi un initiateur en psychologie. Selon lui la tâche de la psychologie ne doit plus être de dresser le tableau des « facultés de l'âme », catégories plus ou moins arbitraires sous lesquelles on classe les phénomènes de conscience. La vraie base de la psychologie, c'est tout simplement « ce que nous éprouvons immédiatement en nous-même », les *états de conscience* dans leur réalité concrète, changeante, individuelle. Herbart les désigne sous le nom général de *représentations*. Son dessein est de fonder une psychologie scientifique, « une histoire naturelle de l'esprit », qui étudiera « les

connexions et la marche des représentations ». Pour la méthode, l'expérimentation par des instruments étant impossible, il ne reste, pense-t-il, que le calcul mathématique [1]. Il cherche donc à « découvrir les lois mathématiques, de la combinaison desquelles résulte la vie des représentations dans la conscience [2] ». Cette vie, observe-t-il, consiste essentiellement dans une lutte continuelle plus ou moins vive, chaque représentation tendant, dès qu'elle apparaît, à entraver les autres, à les refouler au-dessous du « seuil de la conscience ». Il imagine donc de traiter les représentations comme des forces mécaniques, dont l'effet est déterminé par leur grandeur, leurs liaisons et leurs oppositions continuellement variables. Partant de quelques axiomes simples, fournis par une introspection sommaire et qu'il exprime en formules algébriques, il en déduit toute une *Statique* et une *Dynamique de l'esprit*. Il « calcule » de la sorte et réduit en théorèmes les associations d'idées, les sentiments, la volonté, etc.

Cette psychologie herbartienne, toute schématique et bizarrement calquée sur la mécanique rationnelle, parut cependant à Mach renfermer une grande part de vérité : « Les conséquences mathématiques de l'hypothèse de Herbart concordent souvent si bien avec l'expérience, qu'il est impossible de croire que les prémisses soient très éloignées de la vérité. Pour qui sait s'observer, la lutte des représentations est plus qu'une simple figure de langage ; nous sentons cela, pour ainsi dire, réellement en nous. » Si l'on peut faire un reproche à Herbart, ajoute-t-il cependant, c'est « de négliger l'organisme corporel et de partir d'hypothèses trop

1. Herbart, *Lehrbuch zur Psychologie*, 1815. *Psychologie als Wissenschaft*, 1824; v. l'Introduction des deux ouvrages.
2. Mach, *Vorträge über Psychophysik*, dans *Oesterreichische Zeitschrift für praktische Heilkunde*, 1863, p. 169.

simples [1] ». Son principal mérite reste, aux yeux de Mach, d'avoir étudié le mécanisme des représentations en elles-mêmes, et non en leur supposant quelque arrière-fond, âme ou sujet pensant [2].

Cependant les herbartiens sincères devaient reconnaître que la mécanique des représentations n'était pas encore cette psychologie vraiment scientifique qu'on avait espéré voir naître, lorsqu'en 1860 Fechner publia ses *Elemente der Psychophysik*. Ce fut un événement scientifique retentissant. Par ce « gros livre plein d'expériences, de tableaux, de chiffres, de calculs et de généralisations philosophiques [3] », Fechner prétendait fonder une science nouvelle, la *Psychophysique* ou « théorie exacte des rapports de dépendance entre le corps et l'âme, entre le monde corporel ou physique et le monde spirituel ou psychologique ».

Indiquons en quelques mots le point de départ et l'idée centrale de ce livre fameux :

Au cours d'expériences sur la sensibilité tactile et musculaire, le physiologiste E.-H. Weber avait fait des remarques comme celles-ci [4] : Quand on soulève, les yeux fermés, une charge, de 100 grammes par exemple, qui est augmentée progressivement par de petites surcharges, il faut que la surcharge atteigne un certain chiffre, un certain « seuil » (au moins 6 gr. en moyenne) pour que l'on s'aperçoive d'un accroissement de poids. Mais pareillement, quand on porte 1.000 gr., il faut un poids additionnel de 60 gr. pour produire le même effet. Et dans le domaine visuel, si l'on compare deux lignes dessinées, de longueurs presque égales, la plus petite différence que l'on puisse saisir entre elles équivaut toujours à 1/50 environ de la plus courte, quelle que soit la

1. Mach, *ibid.*, p. 204, 169, 366.
2. Erk., p. 12.
3. Ribot, *Psychol. allem. contempor.*, p. 148.
4. Ribot, *Ibid.*, p. 147, 153 ss.

longueur des lignes comparées. Généralisant ces constatations, nous pouvons, dit Weber, énoncer la loi suivante : Etant donnée une certaine excitation provoquant une certaine sensation, la *quantité dont l'excitation doit être accrue pour que la conscience s'aperçoive d'un changement* n'est pas une quantité identique dans tous les cas, mais une quantité *proportionnelle à celle de l'excitation donnée.* Ou ce qui revient au même : La plus petite différence d'intensité ou de grandeur perceptible entre deux excitations de même nature est une fraction constante de leur grandeur absolue[1]. On a appelé ce rapport *seuil différentiel relatif*.

Cette loi dont on connaissait déjà l'analogue concernant la hauteur des sons[2], Weber et ses émules, puis Fechner lui-même, dans de minutieuses observations, la vérifient pour d'autres domaines sensoriels : intensité lumineuse, intensité des sons, sensations de pression, etc. Ils trouvent un seuil différentiel relatif constant de 1/100 environ pour la lumière, de 1/17 pour les poids, de 1/3 pour l'intensité du son et pour les sensations tactiles, etc.

Ces résultats expérimentaux, restés jusque-là fragmentaires, l'ouvrage de Fechner les incorpore à une doctrine philosophique, à une métaphysique d'inspi-

1. Bergson, *Données immédiates de la conscience*, p. 45 ss. Mach, *Vortr. üb. Psychophys.* loc. cit., p. 225, 242, 260, 277 ss.

2. Relativement à la hauteur des sons, la loi, fort anciennement connue (puisque sous sa première forme elle remonte aux Pythagoriciens), concerne, à vrai dire, *non pas la plus petite* différence de hauteur perceptible entre deux sons, mais *certaines différences* bien définies pour notre oreille, appelées intervalles musicaux consonants : l'*octave*, la *quinte*, la *quarte*, etc. Toutefois, formulée de la manière suivante, la loi en question apparait singulièrement voisine de la loi de Weber : Une certaine excitation sonore, mesurée par le nombre e de vibrations qu'un corps élastique émet en une seconde, provoque la sensation d'une certaine note S. Pour produire un son qui soit l'octave supérieure, ou la quinte ou la quarte,... de S, la quantité dont il faut augmenter l'excitation (ou le nombre de vibrations) n'est pas une constante, mais une quantité *proportionnelle* à e (en l'espèce : $e/1$, $e/2$, ou $e/3$...) quelle que soit S.

ration spinoziste, et il en fait le point de départ d'une théorie mathématique longuement développée.

Pour Fechner, la Réalité est une, mais elle se présente sous deux faces : le monde physique, extérieur, ou monde des excitations, et le monde psychique, de la conscience (monde des sensations). Si l'on pouvait déterminer *exactement* leur rapport de dépendance réciproque, on posséderait assurément une loi fondamentale de la nature. Il est incontestable qu'une excitation ne produit jamais une sensation sans l'intermédiaire d'un organe sensoriel et d'un processus nerveux ; mais au point de vue où Fechner s'est placé, on peut faire abstraction de ce processus intermédiaire, dont la nature nous est d'ailleurs inconnue, et se contenter de déterminer les deux termes extrêmes[1]. Il suffit de connaître mathématiquement comment la sensation varie quand l'excitation varie d'une quantité donnée, et réciproquement. Les excitations ou agents physiques sont faciles à mesurer par les procédés et instruments connus : mètre, balance, chronomètre, thermomètre, etc. Les sensations en revanche échappent à la mesure directe ; il faut recourir à un artifice. C'est ici que Fechner utilise à sa manière la loi de Weber, en élargissant beaucoup sa portée. Dans le fait de la constance du seuil différentiel relatif, que Weber se bornait à constater, il aperçoit *un moyen de mesurer* les sensations et d'en faire ainsi l'objet d'une science exacte. Il admet que les accroissements de la sensation qui correspondent aux plus petits accroissements perceptibles de l'excitation sont *tous égaux* entre eux ; et, second postulat, il les prend pour unité de mesure de la sensation, pour *sensation-unité*, additionnable avec elle-même. Par un procédé emprunté au calcul infinitésimal, Fechner passe de la loi de Weber à sa « formule fondamentale de mesure

1. *Elem. Psychoph.*, I, p. 1 à 12.

psychophysique » : *La sensation croît comme le logarithme de l'excitation*[1].

De là Fechner pousse plus loin ses spéculations, visant toujours le but qu'il s'est proposé : une théorie exacte des rapports physico-psychologiques en général. Mais il n'aboutit qu'à un mélange singulier de vues parfois pénétrantes sur la vie psychique et d'une métaphysique hasardeuse et confuse.

Les *Eléments de Psychophysique* eurent un retentissement énorme. Vivement attaquée, ardemment défendue, la Psychophysique fut un objet de controverses pendant près de trente ans[2].

Mach fut dès l'abord attiré par l'œuvre de Fechner. « En 1860, les *Eléments de Psychophysique* attisèrent vivement la curiosité que j'avais déjà naturellement pour ces questions », écrira-t-il plus tard[3]. Il s'attache surtout à la curieuse loi mathématique de la sensation, et il entreprend de vérifier lui-même si cette loi de Weber-Fechner s'applique à certaines catégories encore non étudiées de perceptions, par exemple à la perception des *positions* et des *angles* à l'aide des mouvements des yeux. La question à résoudre est la

1. *Elem. Psychoph.* I, p. 55 ss., 134 ss. *Ibid.* II, p. 191. Voici en résumé le raisonnement de Fechner : Si l'on désigne par d la plus petite augmentation perceptible, et par e l'excitation, la loi de Weber s'écrit $\frac{de}{e} =$ constante. Fechner pose : $\frac{de}{e} = ds$, où ds désigne l'accroissement de la sensation correspondant à l'accroissement de. Par une *intégration* de ds, il obtient a valeur de la sensation en fonction de l'excitation : $s = c \log \frac{K}{e}$, où c et k sont des constantes. C'est la loi logarithmique citée. Elle est d'ailleurs équivalente à cette autre formule : Lorsque les excitations croissent en progression géométrique, les sensations croissent en progression arithmétique. Cf. Roustan, *Psychologie*, 51 ss.

2. Aujourd'hui le terme de *Psychophysique* ne désigne pas une science définie, mais seulement les travaux de Fechner. Ils exercèrent d'ailleurs une grande influence sur les psychologues de l'école physiologique et expérimentale, qui vint ensuite.

3. Anal. Préface de 1885.

suivante : quand nous apprécions, grâce aux sensations des muscles de nos yeux, la grandeur d'un angle ou l'inclinaison d'une droite par rapport à la verticale, les erreurs que nous commettons sont-elles proportionnelles à la grandeur de ces angles ? Cette question est traitée dans un mémoire communiqué à l'Académie de Vienne en 1861[1]. On est frappé en lisant ce travail, de l'ingéniosité des dispositifs expérimentaux que le jeune savant a su inventer et de la virtuosité dont il fait preuve dans les développements mathématiques. La conclusion de cette étude est affirmative : la loi de Weber régit les sensations en question.

Cependant Mach ne paraît pas avoir été un ferme partisan de la Psychophysique. Il approuve parfaitement l'emploi de méthodes exactes dans les recherches psychologiques, mais il sait aussi que des observations plus rigoureuses ont précisément obligé les savants à admettre des restrictions ou des exceptions à la loi de Weber. Tout d'abord Fechner lui-même et ses premiers disciples ont reconnu que la loi psychophysique n'a qu'un champ d'application limité ; elle cesse d'être vraie pour les excitations trop fortes ou trop faibles. Pour les sensations de température, en particulier, ces limites sont très étroites[2]. Et puis même pour les excitations de force moyenne, la loi n'est qu'approchée : les courbes que fournissent les observations s'écartent de la courbe théorique. Fechner, il est vrai, a cherché à montrer que les écarts observés n'étaient qu'apparents. Ainsi dans l'ordre de la vision, on a remarqué que la rétine possède une luminosité propre, très faible mais que l'on peut toutefois déterminer ; et si à la valeur des excitations lumineuses

1. *Ueber d. Sehen v. Lagen durch Beweg. d. Auges.* Sitzungsberichte Akad. Wiss. 43. II.

2. Mach, *Vortr. üb. Psychophysik*, loc. cit., p. 243.

externes, on ajoute celle de cette intensité propre à l'organe visuel, on voit les tables d'observation devenir plus conformes à la loi de Weber. De même dans les expériences de soulèvement de poids, on devrait toujours tenir compte du poids du bras, etc.

Quant aux formules algébriques par lesquelles Fechner prétend exprimer la valeur d'une sensation complexe (Gesammtempfindung), par une sommation de sensations élémentaires (Einzelempfindungen), Mach les récuse absolument : Les éléments d'une sensation se combinent sans doute dans la conscience, mais ne s'y additionnent pas arithmétiquement[1].

A plusieurs reprises entre 1860 et 1865, Mach soumit à des recherches psychophysiques une nouvelle espèce de perception, celle de la durée, qu'il appelle « sensation de temps » (Zeitempfindung)[2]. Il s'agissait principalement de savoir si la sensation immédiate de la durée par des bruits rythmés obéit à la loi de Weber. Pour ses expériences, Mach se servit d'abord de pendules, puis il fit construire divers instruments de son invention. Le plus intéressant d'entre eux pourrait recevoir le nom de métronome à cadence boiteuse variable. C'est un mécanisme d'horlogerie battant une cadence plus ou moins rapide, mais dont les coups se suivent groupés par deux, ou si l'on préfère, séparés alternativement par un intervalle de temps plus court ou par un intervalle plus long. (Mach dit que son appareil battait des « iambes », loc. cit., p. 137.) On pourrait évoquer aussi le boitement caractéristique d'une pendule d'appartement qui n'est pas d'aplomb, et qui penche un peu de côté. Le graphique ci-dessous fera bien comprendre la chose. Sur la ligne indéfinie A... G qui sym-

1. *Vortr. üb. Psychoph.*, loc. cit., p. 278, 294, 336.
2. Id., p. 297. Et une communicat. à l'Académie en 1867 : *Ueber den Zeitsinn des Ohres*. Sitzb. Ak. W. 51, II, p. 133.

bolise le temps, nous représentons les coups frappés par des points A, B, C, D... G :

A B C D E F les longueurs AB, BC, CD...

étant proportionnelles aux durées qu'elles représentent. L'appareil est en outre construit de telle sorte que le rapport entre le temps court et le temps long (c'est-à-dire le rapport $\frac{AB}{BC}$ ou $\frac{CD}{DE}$, etc.) peut être varié à volonté depuis une grande inégalité jusqu'à l'égalité parfaite. Autrement dit, on peut rapprocher B encore davantage de A, ou au contraire le placer à égale distance de A et de C. Si nous modifions le réglage de l'appareil jusqu'à ce que *notre oreille estime* que l'égalité des temps est obtenue, que la cadence boiteuse est devenue régulière, nous commettons généralement encore une petite erreur : il reste entre deux temps successifs une légère différence de durée que l'on peut constater sur une graduation de l'instrument. Si la loi de Weber est vraie, la moyenne de ces erreurs d'appréciation doit former une fraction constante de la longueur des temps, l'erreur absolue doit augmenter dans la même proportion que la lenteur de la cadence.

L'expérience consultée répond ici par la négative : après des observations longuement répétées et contrôlées, Mach trouve que le minimum perceptible d'accroissement du temps *n'est pas* constamment proportionnel au temps ; qu'il y a une durée privilégiée (0,4 seconde environ) pour laquelle sa sensibilité différencielle est la meilleure (1/20 environ) ; pour les durées plus courtes ou plus longues, cette sensibilité différencielle devient toujours moins fine. Si par exemple plusieurs secondes séparent un battement du suivant, il faut qu'il y ait entre deux temps successifs, une différence relative dépassant beaucoup 1/20 pour que

l'oreille perçoive leur inégalité. Le phénomène suit donc une loi autre que la loi de Weber ; celle-ci se trouve en défaut.

Un partisan entêté de la psychophysique, qui voudrait la sauver quand même, devrait essayer de tenir compte, dans ces expériences, de facteurs qui interviennent probablement dans cet acte complexe de perception et de comparaison : par exemple la plus ou moins grande rapidité d'accommodation propre à l'organe auditif du sujet, l'état éminemment variable de son attention, etc. Mais ce sont des complications extrêmes, et quel résultat promettent-elles ? Peu à peu Mach reconnait pour une erreur l'idée fechnérienne de la mesure des sensations. « Si Fechner a réussi à mesurer des sensations particulières, on peut cependant douter de la signification de cette mesure. Une sensation d'intensité plus grande est toujours aussi une sensation de qualité différente, et la mesure de Fechner est donc plutôt physique que psychique[1]. »

Les travaux sur la sensation de temps ou de cadence furent donc les derniers de ce genre auxquels Mach se livra, d'autant que vers cette époque, quelques grands physiologistes, Helmholtz à leur tête, entraînaient les chercheurs dans une voie nouvelle[2].

Avant d'aborder cette seconde phase des recherches psychologiques de Mach, il faut s'arrêter un moment à ses premières vues philosophiques. Car le jeune physicien et psychologue, qui nous a paru jusqu'ici préoccupé surtout de travaux de laboratoire, s'efforçait déjà de coordonner dans sa pensée tout ce que ses études, ses lectures, ses premières recherches expérimentales lui avaient appris. Pendant l'hiver 1862-1863, à peine âgé de 25 ans, il prononça à Vienne une série de

1. Erhalt. Arb., p. 58.
2. V. chap. suivant.

Conférences sur la psychophysique[1], où tout en retraçant l'histoire de la psychologie depuis Herbart, il abordait quelques questions générales.

La leçon d'introduction est une sorte de profession de foi positiviste : Mach partage les grandes espérances de ceux qui croient à l'extension universelle de la méthode scientifique. La mécanique et l'astronomie sont une application directe des mathématiques ; la physique, en tant qu'elle détermine l'équilibre et les mouvements des systèmes d'atomes, n'est que de la mécanique appliquée; la physiologie qui, à son tour, tend à ramener les phénomènes de la vie à des lois physiques, est considérée comme une physique appliquée. Enfin ce serait une erreur de croire les phénomènes sociaux livrés au hasard ; si on les prend en nombres assez grands et qu'on leur applique la méthode statistique et la théorie de la probabilité, on voit qu'ils suivent, eux aussi, des règles inflexibles. Mach en déduit que la vie de la conscience individuelle elle-même obéit à des lois strictes. Ce sont ces lois qu'une psychologie exacte étudie. Ici se placent les tentatives de Herbart, puis de Fechner. Il mentionne ensuite les contributions plus récentes, les travaux de Seebeck sur la résonance, les théories de Helmholtz sur l'audition et sur la fonction conductrice des nerfs ; celles de Brewster, de Young sur la vision des couleurs, de Weber et de Lotze sur l'espace visuel et tactile, et les premières recherches de Wundt sur toute la psychologie des sensations. Voici enfin ses conclusions sur le problème fondamental de la psychologie[2].

1. *Vorträge über Psychophysik*, déjà citées ci-dessus. Elles furent publiées en extraits étendus dans *Oesterreichische Zeitschrift für praktische Heilkunde*, année 1863, p. 146 ss.

L'auditoire de Mach était composé principalement de médecins. La science et le talent d'exposition du jeune conférencier lui valurent un gros succès. (Monist. XXI, I, p. 28.)

2. L. c., p. 362.

Qu'est-ce que la pensée ? Assurément elle n'est pas une « sécrétion du cerveau », suivant la fameuse formule matérialiste. On ne peut pas non plus la définir un processus physique dans le cerveau. Ma représentation de la couleur verte, par exemple, diffère essentiellement du mouvement moléculaire qui lui correspond dans mon cerveau. Et quand j'observe un cerveau, j'ai des représentations qui sont miennes et ne sont pas du tout celles du cerveau ou du sujet examiné.

On ne peut nier pourtant que nos sensations et même nos représentations imaginaires ou nos volitions soient liées à des processus nerveux. Quel est ce lien? Faut-il admettre avec Fechner que « le psychique » et « le physique » sont une seule et même chose considérée sous deux points de vue différents? que c'est *le même* événement (Vorgang) qui apparaît à celui qui observe un cerveau comme une sorte de courant électrique, et au possesseur de ce cerveau comme une couleur verte ? Placé à l'intérieur d'un cercle, disait Fechner, on ne voit que sa concavité, et à l'extérieur seulement sa convexité ; cependant c'est le même cercle.

Quant à Mach nous avons vu que dès son adolescence, une expérience intime l'a convaincu que le moi conscient et le monde extérieur ne sont pas deux réalités distinctes. Mais cette unité physico-psychologique, mystiquement ressentie, il avait besoin de la comprendre, de l'exprimer en termes intellectuels et de l'accorder avec les points de vue spéciaux de la science physique.

Mal satisfait de la conception de Fechner, renouvelée du Spinozisme, il en propose une autre. Pour expliquer les phénomènes physiques, dit-il, on est obligé de considérer la matière comme formée de particules discrètes; les physiciens se trouvent toujours ramenés à cette hypothèse des atomes, c'est-à-dire d'un nombre fini d'êtres et de forces qui sont la cause des phénomènes. Mais comment se représenter ces atomes? Sont-ils

colorés, durs, sonores? Non, car ces qualités sensibles, comme l'étendue elle-même, résultent d'une pluralité d'atomes ; mais un atome « pour soi » n'a ni étendue, ni qualités, il n'est qu'un centre de force. Or si ces mots ont un sens, ils veulent dire que l'atome n'a aucune extériorité, mais seulement une « intériorité » analogue à celle de notre âme. Et en effet, comment l'âme sortirait-elle tout à coup de la combinaison des atomes de l'organisme, si le germe n'en était pas déjà dans l'atome individuel? La matière serait donc formée d'innombrables petites âmes.

Telle est la première solution que Mach propose pour réduire le dualisme du corporel et du spirituel, la première expression théorique de son intuition d'un jour. Mais cette « monadologie physico-psychologique », comme il l'appelle, ne le satisfit pas longtemps, et nous verrons que le monisme particulier auquel sa pensée aboutit plus tard, après de longues réflexions et des études très diverses, en diffère sensiblement.

CHAPITRE III

RECHERCHES DE PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS

1863-1870 (25 à 32 ans)

La psychologie physiologique. L'acoustique physiologique de Helmholtz Recherches acoustiques de Mach. Le temps. Travaux sur la vision. Phénomènes de contraste lumineux. La perception de l'espace.

« La physique, la physiologie et la psychologie sont dans une dépendance mutuelle si étroite que chacune de ces sciences ne peut que gagner au commerce des deux autres. » Cette déclaration par laquelle Mach termine ses *Conférences sur la Psychophysique* va servir de programme à ses travaux pendant bien des années, et caractérise aussi toute cette époque de la psychologie allemande. En effet peu d'années après la publication des *Eléments de Psychophysique*, on observe un revirement, une orientation nouvelle des recherches. Ce changement peut être défini en deux mots : le passage du « mathématisme » et de l'*a priori* au « physiologisme » et à l'expérience[1].

Au temps de Herbart, la physiologie du système ner-

1. Ce sujet peut être seulement esquissé ici. On le trouvera traité avec plus de développements dans mon article : *Les débuts de la psychologie scientifique en Allemagne*. Revue de Théologie et de Philosophie, Lausanne, 1915, p. 81-103. V. aussi ci-dessous chap. XI.

veux n'existait pas encore ; et nous avons vu comment, après avoir promis une étude de l'âme semblable à la science de la nature, Herbart donna à sa place un jeu d'équations et de formules.

La psychologie de Fechner, elle, n'est pas entièrement spéculative. Fechner ne néglige pas aussi complètement que Herbart l'organisme corporel. Il connaissait les découvertes récentes sur la structure et le fonctionnement de l'œil et de l'oreille, et il discute les hypothèses proposées[1]. Mais ce n'est là qu'un accessoire de sa théorie. Ses propres expériences, si minutieuses et si patientes, n'étaient destinées qu'à établir d'une manière plus certaine le principe de la mesure psychique et la *formule logarithmique fondamentale*. Il considère celle-ci à l'égal des lois les mieux assurées de la physique mathématique. Elle a surtout le mérite d'appuyer ses conceptions métaphysiques qui lui tenaient le plus à cœur. La Réalité, unique, offre deux aspects : le monde matériel et le monde de la conscience. Si Newton a découvert la loi fondamentale du monde physique, la gravitation, n'a-t-il pas, lui Fechner, révélé par sa formule psychophysique la loi de la relation entre les deux mondes ? Ne tient-il pas la fonction mathématique générale qui exprime le rapport entre les deux faces de l'Etre ? Ne se devait-il pas de défendre jusqu'au bout et contre toutes les critiques cette précieuse formule, à la fois pierre d'angle de la Psychophysique et clé de la Réalité ?

C'est pour ce rêve grandiose et pour cette cause chimérique que le vieux « Gelehrter » a lutté avec obstination, à coups d'arguties et de formules algébriques, et a perdu le contact des faits. Les psychologues qui lui succèdent reprennent pied dans l'expérience par la physiologie nerveuse et sensorielle. Ils reviennent à

1. *Elem. Psychoph.* II, p. 238-310.

l'enseignement et au mot d'ordre de Johannès Müller : *Nemo psychologus nisi physiologus*[1]. Ils conçoivent l'étude des sensations comme inséparable de l'étude de leurs conditions organiques.

Fechner avait déjà avancé que l'on doit considérer l'activité spirituelle supérieure (réflexion, volition, sentiments esthétiques) comme liée à un support corporel aussi bien que la spiritualité inférieure (sensation, instinct)[2]. Helmholtz, Wundt et Hering, les représentants les plus éminents de la nouvelle école, proclament le parallélisme rigoureux et en font le principe directeur de leurs recherches. Wundt et Hering s'attachent d'abord au problème de la perception de l'espace, le premier envisageant surtout les éléments musculo-tactiles, le second les éléments visuels du processus[3]. Mais ce sont les travaux de Helmholtz sur l'acoustique et sur l'optique physiologique qui ont été les plus remarqués et ont produit la plus forte impression sur Mach[4].

Dans l'Introduction de son chef-d'œuvre scientifique, qui a été traduit en français sous le titre de *Théorie physiologique de la musique, fondée sur l'étude des sensations auditives*, Helmholtz expose son programme. L'étude des phénomènes qui se produisent dans chacun de nos organes sensoriels, dit-il, comprend en général trois parties distinctes : 1° Rechercher comment l'agent extérieur qui produit l'impression (de lumière, de son, etc.) pénètre jusqu'aux nerfs ; c'est la *partie physique* de l'étude physiologique. 2° Rechercher ce que sont les diverses excitations nerveuses

1. Johannès Muller (1801-1858), *Handbuch der Physiologie*, 1840.
2. Elem. Psychoph. I, p. 13.
3. Wundt, *Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung*. 1862. — Hering, *Beiträge zur Physiologie*, 1861-1864.
4. Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, 1863. Trad. Guéroult, Paris, 1874.

correspondant aux diverses sensations (*partie physiologique*). 3° Rechercher les lois d'après lesquelles ces sensations se transforment en images d'objets extérieurs déterminés, c'est-à-dire en perceptions (*partie psychologique*).

Quant à la partie physique, Savart et Seebeck avaient déjà étudié les mouvements vibratoires des corps élastiques produisant un bruit ou un son. L'originalité de Helmholtz consiste dans l'analyse et la décomposition du son musical, simple en apparence. Il y découvre en effet, soit par la seule observation attentive, soit à l'aide de ses résonateurs, la présence d'« harmoniques » accompagnant le son fondamental. Il montre par de remarquables expériences que les sons harmoniques rendent compte de la diversité des timbres dans les instruments de musique, et même de la différence des voyelles dans la voix humaine. D'autre part la structure anatomique de l'oreille interne, le limaçon, la disposition particulière des nerfs auditifs lui suggère une hypothèse sur leur mode d'excitation, d'après laquelle les sensations de timbre et les effets bien connus de l'audition de deux sons simultanés (consonance et dissonance, battements, sons résultants) se laissent ramener à une représentation mécanique relativement simple[1]. Enfin il montre la concordance de tous ces résultats avec les règles élémentaires de l'harmonie (gamme, modes, accords), unissant ainsi dans une des plus belles synthèses que l'esprit scientifique ait accomplies l'acoustique physique, l'acoustique psychophysiologique et l'esthétique musicale[2].

Mach était lui-même aussi bien doué pour la musique[3]

1. Helmholtz, op. cit., trad. franç. préf., p. 6.
2. Cf. Mach, Compte rendu sur : *Helmholtz, Lehre von der Tonempfindungen*. Oesterreich, Zeitschrift f. prakt. Heilkunde, 1863, p. 915.
3. Les deux passages suivants attestent les dons naturels de Mach : « Je m'assieds souvent le soir au piano, et je bavarde sur toute sorte de sujets

que versé dans la physique et curieux de psychologie, l'idée de rapprochements entre les différentes branches de la science naturelle lui était, nous l'avons vu, particulièrement chère, enfin il se détachait de la doctrine fechnérienne; autant de raisons qui nous expliqueraient, si cela était nécessaire, l'enthousiasme avec lequel il salue le beau livre d'Helmholtz. Naturellement il brûle de marcher sur les traces du maître. Grâce à ses relations avec les deux grands physiologistes de Vienne E. Brücke et C. Ludwig, il put disposer des laboratoires et des instruments nécessaires aux recherches expérimentales[1].

La méthode de Helmholtz pour l'étude des sensations, c'était en effet de se soumettre à des expériences acoustiques variées, d'observer attentivement et de décrire ce qui se passe en lui, ce qu'il entend, en tâchant d'éliminer toutes les interprétations objectives, les perceptions, pour atteindre autant que possible la pure sensation subjective ; puis de rechercher, pour chaque particularité de la sensation, la particularité anatomique ou physiologique de l'organe sensoriel qui doit lui correspondre.

Mach s'engagea avec ardeur dans cette voie : « Il faut étudier expérimentalement l'oreille pièce après pièce. » dit-il dans une communication à l'Académie, intitulée *Théorie de l'organe auditif* (1863)[2]. Aux expériences « sur le vivant » il propose d'ajouter des expériences faites sur des préparations anatomiques et

sans penser le moins du monde à ce que mes mains inventent sur le clavier. Cependant il ne m'arrive presque jamais de faire un accord faux ou une résolution inexacte... » Sitzber. Akad. der Wissensch. Wien. 54, II, p. 398.

« Dans le temps où j'avais un certain entrainement musical, chaque fois que j'entendais un morceau de piano ou d'orgue, je me représentais aussitôt les touches frappées. » Anal. 228. On sait que les automatismes de ce genre n'existent que chez les individus doués pour la musique.

1. Monist. XXI, p. 28.

2. *Theorie des Gehörorgans.* Sitzb. Ak. W. 48. II, p. 300.

de les appuyer par d'autres semblables sur des modèles artificiels imitant notre organe. Notre oreille, dit-il, est elle-même un instrument de physique. La nature en la créant était placée devant un problème de technique délicat : construire dans certaines conditions déterminées un appareil récepteur des bruits et des sons aussi sensible que possible. Comment, par quels moyens variés a-t-elle résolu le problème ? Mach cherche d'abord à déterminer le mode de vibration du système formé par le tympan et la chaîne des osselets et il propose même une représentation mathématique de ce mouvement. Comment ce système peut-il transmettre également bien à l'oreille interne des sons de hauteurs très différentes? Pourquoi ordonnons-nous tous les sons en une seule série, selon leur hauteur ? Enfin lorsque nous entendons un accord, comment pouvons-nous l'analyser en ses notes composantes, c'est-à-dire écouter plus particulièrement telle ou telle d'entre elles? Les réponses proposées à ces questions ne sont encore que des hypothèses. Mach reviendra plus tard à ces recherches.

L'année suivante (1864) il examine de nouveau dans une note à l'Académie *Quelques phénomènes de l'acoustique physiologique*[1]. Pourquoi le son de notre voix est-il renforcé si l'on bouche les conduits auditifs? Le crâne joue-t-il le rôle de résonateur? L'air comprimé, les battements du pouls dans l'oreille modifient-ils le son perçu? Telles sont les principales questions examinées. Mach termine en décrivant quelques cas de troubles de l'accommodation, ceux par exemple où les deux oreilles estiment différemment la hauteur d'un même son. Son zèle d'expérimentateur va jusqu'à essayer de provoquer une paralysie momentanée dans

1. *Ueber einige Erscheinungen der physiologischen Akustik.* Sitzb. Ak. W. 50, II, p. 342-362.

son oreille en y versant de l'atropine ou des substances analogues. Mais, dit-il, cette petite opération, renouvelée de Hamlet, resta sans effet[1].

Ces études de Mach sur l'ouïe l'amenèrent à considérer aussi la notion du *temps* psychologique[2]. Car notre oreille n'entend pas seulement des sons de hauteurs diverses (mélodie), mais aussi la durée de chacun d'eux ou les pauses qui les séparent (rythme). Entre deux mélodies complètement différentes, mais de même rythme, nous saisissons, immédiatement, la similitude. Nous pouvons dissocier, des sons d'une mélodie, leur rythme, en tambourinant la mélodie sur une table. Nous avons donc un « sens » du rythme, autrement dit un sens du temps (Zeitsinn) parfaitement distinct. Chaque son qui frappe notre oreille attire aussitôt l'attention à lui, c'est-à-dire est saisi et « fixé » instantanément par quelque appareil d'accommodation. Si cet appareil est, comme on peut l'admettre, le siège d'un changement continu (fatigue ou, au contraire, régénération), chaque coup tombe, selon la durée de la pause, sur un certain stade de ce changement, et provoque ainsi une sensation particulière de temps.

On sait que la physique tend à représenter tous les phénomènes en fonction du temps; le temps étant mesuré par les oscillations d'un pendule ou tout autre mouvement périodique. On peut donc dire que le *temps physique* est la possibilité de représenter chaque phénomène en fonction de chaque autre. Pareillement le *temps psychologique* se réduira à ce que certaines représentations (par exemple les sensations de son) apparaissent liées à certaines autres (par exemple des sensations d'accommodation) de sorte qu'elles peuvent être considérées comme fonctions de celles-ci[3].

1. *Loc. cit.*, p. 362.
2. *Zeitsinn des Ohres.* Sitzb. Ak. W. 51, II, p. 145-149 (1865).
3. *Loc. cit*, p. 149.

En 1864, la chaire de mathématiques de l'université de Gratz étant vacante, Mach y fut appelé comme professeur et il quitta la capitale[1]. Désirant aussitôt faire profiter de ses études récentes le public cultivé de cette ville de province, il consacra quelques conférences « populaires » à exposer les découvertes les plus intéressantes de l'acoustique.

C'est d'abord le rôle des *Fibres de Corti* dans l'audition[2]. Cet organe, semblable à un jeu de résonateurs minuscules placé dans le limaçon de l'oreille interne et où plongent les ramifications du nerf auditif, est probablement ce qui nous permet « d'analyser » les sons.

Puis c'est le problème des intervalles musicaux consonants ou de l'*harmonie;* problème posé par Pythagore et dont la solution, entrevue par les savants et musiciens du dix-huitième siècle, Leibniz, Euler, Rameau, d'Alembert, fut clairement établie par Helmholtz[3].

C'était proprement au public des musiciens que Helmholtz destinait sa *Théorie des sensations auditives.* Mais ceux-ci ne lisent guère ce gros livre, étant généralement rebutés par les considérations mathématiques ou physiques qu'il renferme. Mach, conscient de son talent de vulgarisateur, composa pour servir de guide aux musiciens une *Introduction à la théorie musicale de Helmholtz*, parue à Gratz en 1866[4]. Ce petit livre expose très clairement, en moins de cent pages, les principaux points de cette théorie : Bruit et son musical. — L'éducation de l'oreille ou l'analyse des sons par

1. Monist., XXI, I, p. 28.
2. *Populär wissenschaftliche Vorlesungen.* 4e éd. 1910, p. 17-31. *Die Cortischen Fasern des Ohres.*
3. *Die Erklärung der Harmonie.* Id. p. 32-37.
4. *Einleitung in die Helmholtzsche Musiktheorie.* Graz. 1866, 98 p. Résumé d'une série de conférences.

l'oreille. — Du timbre. — De la consonance. — Des règles de l'harmonie. L'auteur évite tous les développements trop abstraits, et les remplace par des explications concrètes avec l'aide de figures, de modèles, etc. et par la description d'expériences faciles à répéter, sans matériel spécial, avec un piano ou un harmonium.

Bien qu'il s'efforçât de populariser ainsi l'œuvre du grand créateur de l'acoustique, Mach n'était nullement son disciple aveugle. Certains faits psychologiques, notre sens de la hauteur des sons, notre sens des intervalles ne sont, à son avis, pas du tout expliqués par la théorie de Helmholtz[1]; et dans ses recherches personnelles, il a précisément essayé de suppléer à ces insuffisances (v. ci-dessous, p. 150 ss.).

Toutes ces études, cette exploration d'une science nouvelle inspirent au jeune savant un noble enthousiasme. N'est-ce pas une joie véritable qui s'exprime dans ce passage d'une de ses conférences :

« Quiconque a voyagé sait que le plaisir croît à mesure que l'on chemine : Que cette vallée boisée doit paraître belle du haut de cette colline ! Si seulement je savais quel paysage on voit derrière cette montagne ! Ainsi s'écrie l'enfant qui fait ses premières excursions, ainsi en est-il dans la recherche scientifique. Les premières questions se posent en vue de buts pratiques, mais les suivantes attirent le chercheur par un charme irrésistible et par un intérêt plus noble que tous les besoins matériels... Il est moins chercheur que « cherché » pour ainsi dire... Quand il a atteint un sommet, la contrée environnante lui apparait sous un aspect nouveau, et il est entraîné d'une merveille à l'autre comme le voyageur par monts et par vaux[2]. »

A l'horizon du pays de l'acoustique, celui de l'optique est tout naturellement un des premiers que Mach

1. Mach, ibid., p. 6 et 7.
2. Pop. p. 17 et 30.

devait apercevoir. Les analogies entre le son et la lumière, entre l'oreille et l'œil, entre l'ouïe et la vision s'imposent avec une évidence presque immédiate[1]. Helmholtz n'a pas manqué d'appliquer aux sensations visuelles la même méthode d'étude qu'aux sensations auditives, et son beau traité de l'*Optique physiologique* fait un pendant parfait à sa Théorie acoustique[2].

Les importants traités de Wundt et de Hering qui paraissent à la même époque (v. p. 24) témoignent de l'intérêt qui se portait alors vers l'étude expérimentale des perceptions visuelles.

Ces grands ouvrages de synthèse laissaient naturellement bien des questions spéciales sans les approfondir. Mach en choisit une qu'il étudia longuement et exposa en quatre communications successives (de 1865 à 1868) à l'Académie des Sciences de Vienne[3]. Il s'agit des sensations de contraste que donne un champ éclairé où l'intensité lumineuse est inégalement répartie.

Sur une bande rectangulaire de papier blanc, peignez à distances égales une rangée de secteurs noirs pareils. Enroulez la bande autour d'un large cylindre pouvant tourner rapidement sur son axe. Si la vitesse de rotation n'est pas assez grande, la succession des zones noires et blanches produit à l'œil une sorte de papillotement, un gris brillant[4]. A partir d'une certaine vitesse, ces zones fusionnent parfaitement et la surface tournante apparaît d'un gris mat. Il est évident qu'en chaque point ce gris est plus ou moins foncé selon la

1. Fechner, par ex., consacre un long chapitre à l'étude des rapports entre les sensations de lumière et de son. Elem. Psychoph. II, p. 238-310.
2. *Physiologische Optik*, 1856-1860-1866. Trad. franç. par E. Javal et Th. Klein. Paris, 1867.
3. *Ueber die Wirkung der räumlichen Verteilung des Lichtreizes auf die Netzhaut*. Sitzb. Ak. W. 52, I. II. *Uber die physiologische Wirkung räumlich verteilter Lichtreize*. Id. 54, II, et 57, II.
4. *Bemerkungen über intermittierende Lichtreize*. Arch. f. Anatomie u. Physiol. 1865, p. 639.

proportion de noir et de blanc qui passe sur ce point à chaque tour, c'est-à-dire selon la forme des secteurs noirs. Si leur profil est capricieux, limité par une ligne brisée ou une courbe à inflexions plus ou moins brusques, on observe sur le cylindre tournant, une anomalie curieuse. A la hauteur des saillants des secteurs noirs ou blancs, apparaissent des raies d'un gris *trop* foncé ou *trop* clair, relativement aux régions immédiatement voisines. C'est une apparence subjective (une *illusion* d'optique, pourrait-on dire, si l'on ne devait bannir ce mot de la science) mais qui s'impose invinciblement même à l'observateur averti[1].

Le procédé de la bande blanche mobile, avec secteurs noirs dont on peut varier à volonté la dimension et la forme, permet de contrôler d'une manière irréfutable la quantité de luminosité objective en chaque point, et d'établir ainsi, quand il y a lieu, la subjectivité du phénomène. Sur ce thème expérimental, Mach a exécuté de nombreuses variations; mais il est impossible d'entrer dans plus de détails sans l'aide de figures. Le lecteur voudra bien se reporter aux mémoires originaux.

En somme Mach a découvert par ces expériences que « certaines lignes, certaines portions d'un champ inégalement lumineux peuvent ressortir par leur clarté apparente ou au contraire par leur apparence foncée, sans être objectivement plus claires ou plus foncées

1. On observe un phénomène analogue dans l'image circulaire que projette au plafond une lampe à verre cylindrique. Cette image se compose de zones concentriques les unes très claires, les autres assez foncées, qui correspondent aux diverses régions plus ou moins lumineuses de la flamme ; mais le *contraste* de leurs intensités nous y apparait certainement *exagéré*. De même considérons l'ombre portée par une arête de maison. Entre l'ombre et le soleil se trouve une étroite région intermédiaire, la pénombre. Or celle-ci apparait bordée d'une ligne mince, plus foncée que l'ombre elle-même et d'une ligne plus claire que la lumière. Objectivement il ne peut en être ainsi : c'est encore un cas d'accentuation subjective d'un contraste. Sitzb. Ak. W. 52. I.

que leur entourage le plus proche[1] ». Ces portions sont celles où la variation de la luminosité subit une inflexion, une saute plus ou moins brusque. En effet, lorsque nous regardons une surface plus ou moins claire nous remarquons à peine les différences d'intensité lumineuse entre deux de ses parties et nous la croyons même uniformément lumineuse, *lorsque le passage* du clair au foncé y est partout *graduel*. Au contraire toute variation, toute inflexion dans la croissance de la luminosité nous apparaît accentuée. [En langage mathématique on exprimerait cela en disant que la sensation d'intensité lumineuse S est fonction de la seconde dérivée de l'excitation objective e :

$$S = f\left(e, \frac{d^2e}{dx^2}\right)$$][2].

Ainsi nous apprécions la valeur lumineuse de chaque point de notre champ visuel non pour elle-même, mais par rapport à celle de tous les autres points, les plus proches ayant plus d'influence que les plus éloignés[3]. Notre organe visuel schématise, il « charge » les contrastes, à la manière des caricaturistes (Die Netzhaut schematisirt und karrikirt). Il accentue les moindres inégalités d'éclairement (par exemple celles qui résultent du relief des objets) comme pour attirer sur elles notre attention. La signification téléologique, l'utilité pratique de ce processus est évidente : il nous facilite la perception distincte des corps extérieurs[4]; mais quelle sera son explication causale ?

Pour Wundt, tous les phénomènes de contraste sont l'effet d'actes psychiques, de jugements élémentaires de comparaison, de raisonnements inconscients

1. Sitzb. Ak. W. 54, II, p. 138.
2. Sitzb. Ak. W. 57, II, p. 17.
3. Sitzb. Ak. W. 54, II, p. 142.
4. Sitzb. Ak. W. 57, II, p. 19. Cf. Anal., p. 179.

de nos organes. Mach ne saurait admettre les « raisonnements inconscients [1] » de la rétine, et parle plutôt de mécanismes réflexes. Les phénomènes en question s'expliqueraient en admettant que les fibres nerveuses terminales ébranlées par une excitation lumineuse (bâtonnets de la rétine) réagissent automatiquement les unes sur les autres avant d'agir sur le nerf optique. Une faible différence d'excitation entre un bâtonnet et la moyenne de ceux qui l'entourent est atténuée ; une différence plus forte est au contraire accentuée [2].

D'après Mach, il y aurait là, concernant les plus petites parties de la rétine, une loi analogue à la « loi psychophysique » que Fechner étendait à notre sensibilité en général [3]. Celle-ci dit que « la sensation ne croît *pas en proportion directe* de l'excitation, *mais proportionnellement à l'accroissement relatif* de celle-ci [4] ». Mais comment faut-il entendre les deux termes, sensation et excitation, dont cette formule exprime la dépendance mutuelle ? Tout d'abord ce ne sont pas deux phénomènes matériels ; car un ébranlement nerveux (physique) est toujours *directement* proportionnel à la cause externe par lequel il est produit [5]. D'autre part la loi ne peut être, comme le voudrait Wundt, de nature purement psychologique, car tout processus psychique est lié étroitement à un concomitant physique. La loi serait-elle donc rigoureusement psycho-physique ? Aurait-elle pour ainsi dire « un pied

1. « Plus je me suis occupé de ces phénomènes, plus les raisonnements inconscients me sont apparus dénués de fondement. Avec eux on peut expliquer aussi bien tel phénomène que son contraire. » Ak. W. 54, II, p. 143, cf. p. 397.
2. Sitzb. Ak. W. 57, II, p. 19.
3. Id. 57, II, p. 11.
4. Cette formule est due à Wundt, *Beitr. zur Theorie der Sinneswahrnehmung*, p. xxx.
5. Cela résulte des travaux de Fick. Sitzb. Ak. W. 57, II, p. 11.

dans le physique et l'autre dans le psychique » ? Si cette idée parait choquante, il faut dire que c'est une loi « organique ». C'est en effet à cause de la structure et des propriétés de *nos organes des sens* que nous percevons les différences relatives ou rapports, et non les différences absolues ou réelles, des excitations extérieures [1] Nous venons d'établir d'une part que l'ébranlement de la couche rétinienne est en chaque point *directement* proportionnel à l'intensité lumineuse des points correspondants de l'objet. D'autre part nous devons admettre que l'ébranlement (Erregung) de la région cérébrale qui est le siège de la sensation est immuablement proportionnel à la sensation elle-même. Mais entre les bâtonnets rétiniens et le sensorium se trouve un réseau compliqué de nerfs à travers lequel l'excitation est filtrée (durch-filtrirt) [2]. C'est ce processus de filtration que la loi exprime ; on doit se représenter que la rétine est vivante et active par elle-même (selbständig) et que les ébranlements partis de ses divers points se barrent mutuellement le chemin vers le sensorium [3]. C'est ainsi que, pour notre plus grande commodité pratique, l'aspect d'un objet, c'est-à-dire les rapports entre la luminosité de ses différentes parties, se conserve quand l'intensité de l'éclairage change. En résumé les deux termes entre lesquels la loi de Fechner établit qu'il y a proportionnalité *relative* sont, en réalité, non pas l'agent physique et son effet psychologique, mais d'une part la première excitation des extrémités nerveuses sensibles, et de l'autre le dernier ébranlement cérébral, lequel est accompagné de la sensation consciente [4].

Telle est l'interprétation nouvelle que Mach donne

1. Sitzb. Ak. W. 57, II, p. 11-12.
2. Id., p. 19.
3. Id., 57, II, p. 13.
4. Id., 57, II, p. 12.

de la loi de Fechner. Il la réduit, semble-t-il, à être une loi de physiologie nerveuse. Et cependant il n'accorde pas que son interprétation soit purement physiologique, car, dit-il, on peut concevoir le processus de filtration aussi bien comme psychologique que comme nerveux[1].

On pourrait se demander si cette « filtration psychologique » est quelque chose de bien différent d'un acte de comparaison et si Mach ne finit pas de la sorte par rejoindre Wundt?

Quoi qu'il en soit, retenons de cet exposé principalement ce fait que Mach ne cessait d'être préoccupé du problème de la relation physico-psychique, problème auquel l'étude des sensations ramène toujours les chercheurs qui réfléchissent.

Nous avons vu que Mach se plaisait à faire alterner avec les travaux spéciaux et ardus le genre plus aimable de la vulgarisation scientifique. La question de la vision binoculaire est une des principales que les Helmholtz, les Wundt et les Hering avaient achevé d'éclaircir. Mach en fit le sujet d'une de ces causeries instructives pour lesquelles il avait un talent particulier : *Pourquoi l'homme a-t-il deux yeux?* ou plutôt : que voit-on de plus avec deux yeux qu'avec un seul[2]? Le relief et la distance des objets ne sont perçus que très imparfaitement par la vision monoculaire; c'est la combinaison des deux images rétiniennes différentes qui nous les fait connaître. Cependant l'expérience et l'éducation influent beaucoup sur notre vision du monde. Les dessins d'enfants, la peinture ancienne ou primitive ignorent généralement la perspective, évitent les « raccourcis » dans la représentation du corps humain, ne savent pas indiquer le modelé par des

1. Anal. 66 n.
2. *Wozu hat der Mensch zwei Augen?* Conférence donnée à Graz en 1866. Pop. p. 78-99.

ombres, etc. De même dans la vie ordinaire, tout orientée vers l'action, nous n'observons ni la déformation des objets due à la perspective, ni leurs aspects particuliers dus à l'éclairage. Mach décrit quelques expériences amusantes d'exagération du relief, ou de pseudoscopie (renversement du relief), et une curieuse invention de Helmholtz, le téléstéréoscope. Tout ce qu'on regarde par cet instrument est rapetissé et rapproché; les paysages apparaissent lilliputiens. Que serait-ce encore si nous percevions le monde par les yeux à facettes d'un insecte?...

Les études sur la vision comme celles dont nous venons de parler conduisent tout naturellement à rechercher comment se forme la perception visuelle la plus générale : *l'espace*, cadre dans lequel viennent se placer toutes nos sensations tactiles, musculaires ou colorées.

Mach pense qu'il faut tout d'abord rejeter la conception de Kant selon laquelle l'espace serait la forme *a priori* de notre sensibilité, en général, puisque ni les sensations de l'ouïe, ni celles de l'odorat ou du goût ne présentent le caractère de la spatialité[1].

Après avoir reconnu l'insuffisance de la première des théories *empiristes* de l'espace, celle de Herbart, Mach se rallie à la théorie dite des « signes locaux », proposée par Lotze, reprise et développée par Wundt[2].

D'après celle-ci, l'espace serait engendré par la fusion d'images, qui par elles-mêmes ne sont pas étendues. Chaque sensation élémentaire provenant d'un point de la peau (chaleur, piqûre, pression), ou d'un point de la rétine (lumière colorée), est accompagnée d'un « signe local » indépendant de la qualité de la sensation. Ce signe local n'est pas autre chose qu'une incita-

1. *Vortr. üb. Psychophysik.* Oesterr. Zeitschr. f. prak. Heilkunde, 1863, p. 337.
2. *Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen.* Pop. p. 117 ss.

tion à un certain mouvement réflexe, ou la sensation musculaire qui accompagne le souvenir de ce mouvement. Pour la rétine, ce mouvement est celui que doit faire le globe de l'œil pour amener le point considéré sur la tache jaune (centre de la rétine). Les signes locaux, considérés en série, constituent l'ordonnance spatiale, tactile ou visuelle [1]. « La vision de l'espace nous est donnée par des sensations lumineuses s'ordonnant dans un registre de sensations musculaires [2]. »

Toutefois, avec Hering, Mach admet que la rétine peut fournir par elle-même, indépendamment de tout mouvement, des sensations de hauteur, de largeur et de profondeur, c'est-à-dire d'espace [3].

A l'espace dit *physiologique*, visuel ou tactile, s'oppose l'espace *géométrique* ou métrique (Messraum). Parmi toutes les courbes, la droite jouit, au moins dans l'histoire de la géométrie, d'une importance particulière. C'est que, dans deux positions, la verticale et l'horizontale, les deux images visuelles d'une droite tombent sur des points rétiniens correspondants ou symétriques. La droite est la seule ligne symétrique à elle-même (il en est de même de la surface plane ou plan). Aux définitions traditionnelles de la géométrie, on pourrait substituer avec avantage celle-là [4].

La notion des figures semblables en géométrie a également une base psychologique dans ce fait qu'une image rétinienne invariable peut nous apparaître (empfunden werden) tantôt plus grande, tantôt plus petite, selon la distance où nous la situons, mais toujours « semblable » à elle-même.

1. Oesterr. Zeitsch. f. prakt. Heilk. 1863, p. 352.
2. Pop. p. 119.
3. Sitzb. Ak. W. 54, II, p. 397-8 et 408, et *Bemerkungen über die Entwicklung der Raumvorstellungen.* Zeitschr. für Philosophie, 1866, p. 228.
4. Zeitschrift f. Philosophie, 1866, p. 229.

Mach pense qu'à l'origine des propositions de la géométrie il y a des opérations concrètes de mensuration, c'est-à-dire d'apposition de l'unité de mesure. La déduction « a priori » des théorèmes n'est qu'une méthode plus commode, mais qui a été en réalité précédée par l'expérience manuelle externe. « Les sciences développées a priori sont aussi des sciences empiriques, dit-il, seulement nous portons le matériel expérimental dans notre organisme [1]. »

Il faut distinguer enfin de l'espace géométrique l'*espace physique*. En mécanique les distances des points matériels dépendent des forces qu'ils exercent les uns sur les autres. Ces forces elles-mêmes dépendent d'états (de pression, de tension, d'attraction ?) de la matière. Les lois renfermant des relations spatiales, distances, longueurs, etc., pourraient donc être réduites en lois de dépendance entre les « états » de la matière, c'est-à-dire entre les phénomènes ou qualités sensibles. L'espace physique, comme le temps, n'est que la « dépendance universelle des phénomènes entre eux [2] ».

1. Id. p. 230.
2. Zeitschr. f. Phil., 1866, p. 232, cf. Pop. p. 115.
Il importe de remarquer la date (1864-66) à laquelle Mach publie ces considérations. La triple distinction de l'espace physiologique, géométrique et physique, reprise par les Poincaré et les Bergson, et même l'idée proclamée par Lorentz et Einstein de la relativité du temps et de l'espace, me semblent déjà clairement indiquées dans ces pages.

CHAPITRE IV

Critique des principes de la physique

1867-1873 (29 à 35 ans)

La méthode historico-critique. La conservation du travail.
La physique mécaniste. Lois et explication. La loi de causalité.

En 1867, après trois années de séjour à Graz, Mach fut nommé professeur de physique à l'Université de Prague. Il avait 30 ans. Il devait occuper cette chaire pendant vingt-huit ans. Sa pensée en reçut une orientation nouvelle : aux recherches de psycho-physiologie succéda l'examen des questions générales de la physique.

Déjà en 1862, ses propres études à peine terminées, Mach avait composé un *Précis de physique à l'usage des étudiants en médecine*[1]. Par besoin de logique, il avait essayé dans cet opuscule de développer dans toute sa rigueur la théorie atomique mécaniste. Ce travail, dit-il, lui fit voir clairement pour la première fois l'insuffisance de cette théorie et même la nécessité d'une réforme complète de la physique[2].

Professeur à Prague, il se retrouva en face des mêmes difficultés et il s'efforça de les tirer au clair.

1. *Compendium der Physik für Mediziner. Wien.* 1862.
2. Erhalt. Arb., p. 55.

Toute cette époque est d'ailleurs celle d'une active fermentation d'idées dans les sciences physiques en général et chez Mach en particulier[1]. L'obligation d'enseigner, loin de nuire chez lui à la pensée personnelle, la vivifiait au contraire :

« L'aventure suivante, écrit-il, a dû arriver à plus d'un maître : on est en train d'exposer avec un certain enthousiasme des conceptions traditionnelles et reçues, quand tout à coup, l'on sent sa conviction première faiblir. En y réfléchissant ensuite à tête reposée, on ne tarde pas à découvrir ordinairement quelque inconséquence logique qui, une fois reconnue, devient insupportable. » Il faut alors exercer une critique serrée et écarter délibérément « les représentations surannées et les conceptions métaphysiques injustifiées[2] ».

Tels furent l'occasion et l'objet de quelques brefs articles (1867-1870) et d'une grande conférence (nov. 1871) qu'il réunit en une brochure de 50 pages intitulée *Histoire et origine du principe de conservation du travail* et qui mérite que nous nous y arrêtions un moment[3].

Les premiers principes de la mécanique, déclare Mach, sont traités généralement d'une manière peu exacte et anti-scientifique. Il y a de grandes difficultés en particulier dans la définition de la notion de *masse* et dans le principe d'*inertie* tels qu'on les énonce ordinairement d'après Newton. Ces difficultés viennent, pour lui, « de ce qu'on ne présente pas dans l'ordre convenable des diverses propositions de la science, de ce qu'on n'y distingue pas assez clairement ce qui vient de l'expérience et ce qui est *a priori*, enfin de

1. Anal. 288.
2. *Prinzipien der Wärmelehre.* Préface, p. 1. cf. Erhalt. Arb., p. 46.
3. *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit.* Prag, 1872, 58 p. Réimprimé sans changement. Leipzig 1909.

ce qu'on passe sous silence des hypothèses importantes qui sont à la base des raisonnements déductifs [1] ».

Mais la méthode critique qu'il préconise ne consiste pas seulement dans des opérations d'analyse logique, elle utilise tout d'abord l'histoire de la science. « Que de problèmes obscurs s'éclairent quand on en suit le développement historique !... Si l'on ne perd jamais de vue le chemin parcouru, on ne risque pas de s'égarer ni de contredire les faits... Ne lâchons jamais le fil directeur de l'histoire [2]. »

Cette méthode historico-critique, il l'applique à la discussion de trois grandes questions : le principe de conservation du travail, les théories mécanistes en physique, le principe de causalité.

La conservation du travail. — Le principe de conservation du travail affirme qu' « on ne peut pas créer du travail avec rien », ou que « le mouvement perpétuel est impossible [3] ». Il exprime le fait que toute machine tend au repos et ne se met jamais en mouvement *d'elle-même.* Si un treuil, un moufle ou un cric, fournit d'une

1. Mach est l'inventeur d'une nouvelle définition de la notion de *masse*, qu'il a énoncée pour la première fois en 1868, et qui a été généralement adoptée après lui. (V. Erhalt. Arb. p. 50, cf. *Mécanique*, p. 212, 239). Ce point sera repris plus loin au chap. VI, p. 70. Pour le moment disons seulement que Mach remplace la notion obscure de *quantité de matière* par celle plus claire de *circonstance déterminante d'accélération*.

Mach a proposé aussi une conception nouvelle du *principe d'inertie*, d'après laquelle il n'est ni absolu, ni évident a priori, mais relatif et fondé sur un fait d'observation. (V. Erhalt. Arb. p. 48, 50, et *Mécanique*, p. 133 ss., 222, 226, 239. Cf. plus bas, chap. VI, p. 75.)

2. Erhalt. Arb., p. 1-3.

3. Il peut être utile de rappeler que : Il y a production de *travail mécanique*, toutes les fois qu'un corps auquel une force est appliquée se déplace (ou toutes les fois qu'une masse acquiert une vitesse). L'exemple le plus familier en est l'élévation d'un poids. Le travail est mesuré par un *produit* de deux facteurs : la force et le chemin qu'elle a parcouru dans sa propre direction. Le poids soulevé *reçoit* du travail (signe —), et celui qui s'abaisse en *fournit* (signe +).

part du travail mécanique (en élevant un poids), il en reçoit d'autre part l'équivalent du milieu extérieur (traction d'une corde, etc.) ; la somme du travail y reste constante, ou *se conserve.*

Ce principe a reçu de Lagrange, une forme mathématique rigoureuse, dans le « théorème des déplacements virtuels » sur lequel repose toute la déduction de sa *Mécanique analytique* (1788) [1]. Or Lagrange a donné une démonstration générale de son théorème, que l'on a considéré dès lors comme « le faîte de la conception mécanique du monde, la proposition la plus générale de la physique, le fruit des efforts séculaires de la pensée scientifique ».

L'histoire en main, Mach nous fait voir que c'est là une erreur. Déjà le géomètre flamand Stévin, un des prédécesseurs de Galilée (1605), démontre certaines propositions de statique et d'hydrostatique *ab absurdo* en s'appuyant sur l'impossibilité de concevoir le mouvement perpétuel. Galilée et son disciple Huyghens, dans leurs recherches sur le plan incliné et le pendule, admettent comme évident par soi-même « qu'un corps tombant ne peut en aucun cas remonter par sa seule force acquise plus haut que son point de départ ». Mach cite des observations analogues tirées des œuvres de Torricelli, Bernouilli, d'Alembert, etc. Enfin, dit-il, Lagrange lui-même, dans la démonstration de son

1. $$\frac{1}{2}\sum mv^2 - \frac{1}{2}\sum mv_0^2 = \int \sum (Xdx + Ydy + Zdz)$$

Mach suppose ce théorème si connu des lecteurs qu'il se contente de citer cette équation différentielle qui l'exprime. Voici à peu près ce qu'elle signifie : Soit un système de points matériels assujettis entre eux de diverses manières et tirés chacun par une force. Si les liaisons et l'opposition des forces sont telles qu'aucun *travail* ne puisse être effectué, ou si la somme des « travaux virtuels », comme on dit, est nulle, ce système restera en équilibre, c'est-à-dire immobile. V. Erhalt. Arb. p. 4, 12-15, et Lagrange, *Mécanique analytique*, t. I, p. 22-26.

célèbre théorème, s'appuie implicitement sur l'axiome que le mouvement perpétuel est impossible[1]. Ce principe est donc beaucoup moins récent qu'on ne croit généralement. Les fondateurs de la mécanique l'avaient déjà aperçu plus ou moins clairement. Il leur a servi de guide et d'instrument dans leurs recherches, et loin d'être le résultat des progrès de la science, il précède sa constitution[2].

Cependant vers le milieu du dix-neuvième siècle se manifeste la tendance à étendre la portée du principe de conservation ou de constance même aux phénomènes non mécaniques.

Il résultait des travaux de Carnot (1824) et de Clausius (1850) que dans un moteur à vapeur on peut constater la disparition d'une certaine quantité de la chaleur qui traverse la machine, quantité proportionnelle à la quantité de travail mécanique produit. D'autre part Joule, en 1843, détermina par une série d'expériences précises quelle quantité de chaleur se dégage d'un frottement, c'est-à-dire d'un travail mécanique anéanti.

J.-R. Mayer, Helmholtz et W. Thomson rapprochèrent ces résultats d'autres déjà connus : production de travail musculaire grâce à la décomposition chimique des aliments, phénomènes de la pile de Volta, de la machine magnéto-électrique, etc. Ils en concluent que les agents auxquels nous attribuons les phénomènes : chaleur, électricité, pesanteur, cohésion, affinité chimique, peuvent se transformer les uns dans les autres, qu'ils ne sont que les formes diverses d'une force ou énergie unique. Comme chacun d'eux épuise sa capacité d'action dans la mesure exacte où il en fait apparaître une autre, leur somme est toujours constante.

1. Ibid. p. 5-15.
2. Erhalt. Arb., 5 et 19.

C'est la loi de conservation ou de constance de l'énergie[1].

Embrassant audacieusement sous la même généralisation le monde des êtres vivants et la nature inorganique, Helmholtz dit : « L'Univers possède une fois pour toutes une réserve d'énergie (Arbeitskraft) qui ne peut être augmentée ni diminuée par aucune modification dans les phénomènes[2]. »

La physique mécaniste. — Si la notion de conservation du travail mécanique a été ainsi élargie en celle de constance de l'énergie, une tendance inverse s'est manifestée aussi, consistant à ramener les diverses formes d'énergie, chaleur, électricité, etc., à des mouvements, c'est-à-dire à du travail des particules élémentaires des corps. On assiste en effet vers le milieu du dix-neuvième siècle à une renaissance des théories mécanistes en physique.

Ce fut d'abord la *théorie mécanique de la chaleur*[3],

1. L'expression : « conservation de la force (Kraft) », employée par J.-R. Mayer en 1842 et par Helmholtz encore en 1862, prête à l'équivoque, car la grandeur qui est dénommée *force* dans la mécanique classique n'est pas ce qui reste constant à travers les transformations. Au contraire les machines simples servent à multiplier ou démultiplier la *force*. C'est la somme du *travail* (Arbeit) qui reste constante. Aussi Mach, jusqu'en 1873, ne parle que de *conservation du travail*, expression qui n'est pas non plus satisfaisante si on en étend l'application aux phénomènes non mécaniques : chimiques, thermiques, etc. Helmholtz parle également de *Erhaltung der wirkungsfähigen* ou *arbeitsfähigen Kraftmenge*, ce qui est bien juste, mais compliqué. Le terme commode d'*énergie*, introduit d'abord par Th. Young en 1800 (Anal. 279), puis usité par les physiciens anglais à partir de 1850, a prévalu plus tard. Mach a défini l'énergie : « ce quelque chose d'indestructible qui caractérise la différence de deux états physiques et dont la mesure est le travail mécanique fourni lors du passage d'un état à l'autre ». Wärmel, 316, 256. Pop. 196. Dans cet exposé j'ai, pour plus de clarté, mis parfois « énergie » où Mach écrivait *Arbeit*.

2. Helmholtz, *Ueber die Erhaltung der Kraft. Vorträge u. Reden* I, p. 187. Cette dernière formule outrepasse beaucoup ce qu'on peut affirmer scientifiquement.

3. C'est le titre même de plusieurs ouvrages parus entre 1850 et 1870. Citons ceux de Clausius, Thomson, Zeuner, Hirn.

vieille hypothèse, à laquelle les récentes études sur la machine à vapeur, la dilatation des gaz, etc., permettaient d'apporter certaines précisions. Voici comment Helmholtz en fait comprendre l'idée centrale :

« Quand la force vive d'un mouvement paraît se perdre (par le frottement ou la compression, par ex.), elle ne se perd pas en réalité ; seulement le mouvement passe des grandes masses visibles aux particules invisibles du corps (et apparaît sous forme de chaleur). Inversément, dans la machine à vapeur, c'est le mouvement interne des particules gazeuses échauffées qui se porte sur le piston et s'y rassemble en une résultante[1]. »

Après la chaleur, la lumière, l'électricité, le magnétisme, les actions chimiques furent envisagées de même par les théoriciens comme autant de sortes diverses de mouvements vibratoires des particules matérielles élémentaires. En 1866, Wundt publie un opuscule sur *les axiomes physiques*, et voici le premier de ces axiomes : « Toutes les causes dans la nature sont des causes de mouvement[2]. »

Mach s'inscrit en faux contre le mécanisme universel. Il trouve ses théories « précipitées et unilatérales, chancelantes et précaires[3] ». Au raisonnement de Helmholtz cité plus haut, il oppose celui de J.-R. Mayer : « Du rapport qui existe entre la gravitation et le mouvement on ne peut point conclure que l'essence de la gravitation soit un mouvement. Ce raisonnement n'est pas plus valable pour la chaleur. Il faudrait dire au contraire que pour devenir chaleur, le mouvement, — qu'il soit simple ou vibratoire, doit cesser d'être du mouvement[4]. » Ensuite Mach montre que la loi de conservation de l'énergie et la conception mécaniste du monde ne s'impliquent pas nécessairement l'une l'autre[1]. Et les arguments qu'il avance sont encore plus intéressants pour nous que la thèse elle-même, parce qu'ils trahissent les tendances de sa pensée philosophique :

1. Helmholtz, *Vorträge und Reden*, I, p. 178.
2. Erhalt. Arb. p. 18.
3. Ibid. p. 33, 19.
4. Ibid. p. 17.

L'eau qui a fait tourner un moulin, dit-il, n'a rien perdu de son poids. Au contraire, la quantité de chaleur qui a traversé une machine à vapeur, a diminué en proportion du travail mécanique fourni. C'est, dit-on, que l'eau étant une *matière*, sa quantité est indestructible ; tandis que la chaleur, qui est destructible (transformable en mouvement), ne peut plus être regardée comme une *matière*, elle doit être probablement un mouvement. Cette discussion, déclare Mach, n'a aucun sens pour la science. Nous sommes convenus d'appeler *quantité* de l'eau son poids mesuré par la balance. Or un certain poids n'équivaut pas à un travail mécanique déterminé. (Il faut pour obtenir le travail multiplier le poids par un second facteur : la hauteur dont il tombe.) Au contraire, une certaine *quantité de chaleur* produit un travail mécanique déterminé, parce que précisément nous appelons *quantité*, dans le cas de la chaleur, sa « valeur de travail ». On fait de même une distinction entre la *masse* ou *quantité d'électricité*, que l'on mesure à la balance de Coulomb[2] et qui n'a point d'équivalent mécanique, et la valeur énergétique de l'électricité (joules). Ces différences de sens entre des termes semblables sont conventionnelles. La définition de ces divers concepts est affaire de commodité et de goût, ou bien elle a des causes historiques, elle dépend de l'ordre

1. Ibid. p. 5, 20 ss.
2. La balance de Coulomb est un dynamomètre de torsion, très sensible. A un fil fin est suspendue horizontalement une légère aiguille au bout de laquelle est placée une balle de sureau. On en approche une autre petite sphère électrisée qui l'attire ou la repousse. Par la torsion du fil, et en tenant compte de la distance des deux corpuscules, on mesure la *masse électrique*.

dans lequel on a fait certaines découvertes expérimentales. Mais on n'a jamais *découvert* que la chaleur soit un mouvement, ni qu'elle ne soit pas une matière. Nous ne savons rien sur les *agents* physiques, nous mesurons seulement leurs actions ; et selon l'action choisie, nous nous représentons l'agent de diverses manières. Il ne faut donc pas considérer comme des entités distinctes les concepts physiques, qui n'ont que le rôle d'« aide-mémoire », qui ne sont qu'une « manière de se représenter les phénomènes ». Le concept même de *matière* ne signifie rien de plus que « phénomène possible[1] ».

Vouloir réduire, comme le fait le mécanisme, tous les processus physiques à des mouvements spatiaux de particules matérielles, c'est « admettre que des choses qui ne peuvent être ni touchées, ni vues, qui n'existent que dans notre esprit, les molécules, sont douées exclusivement des propriétés de ce qui est visible et tangible ». Cette limitation est inutile, elle ne facilite pas la connaissance des phénomènes. Mach montre même par des exemples qu'elle y fait obstacle quelquefois[2].

Les théories scientifiques, continue-t-il, ont un rôle essentiellement *économique* : elles coordonnent un matériel énorme de faits individuels ; elles les résument en quelques formules commodes, les lois. Elles doivent aussi *expliquer* les faits c'est-à-dire analyser les faits complexes en faits réputés plus simples, bien qu'ils demeurent eux-mêmes inexplicables. Le choix de ces faits derniers ou primitifs est en partie arbitraire.

Il est vrai que les faits *mécaniques* sont plus anciennement connus, nous sont jusqu'à présent plus familiers peut-être, que les autres faits physiques. Mais l'objet de l'hypothèse moléculaire ne peut pas tomber

1. Erhalt. Arb. p. 20-26.
2. Ibid., 27-30.

sous les sens, celle-ci est à jamais invérifiable. Elle ne correspond pas aux phénomènes dans les détails. Ainsi elle sort des exigences de la science. Encore si l'on pouvait déduire de la théorie moléculaire des règles que l'étude des phénomènes eux-mêmes ne montrait pas !... mais il n'en est rien. Les molécules ne sont qu'une fiction sans valeur (ein wertloses Bild)[1].

La loi de causalité. — S'il est vrai que le principe d'impossibilité du mouvement perpétuel est antérieur au développement de la mécanique, qu'il ne repose pas sur la conception mécaniste, qu'il a contribué enfin à l'acquisition d'importantes connaissances positives, d'où vient à ce principe lui-même la force et l'évidence avec laquelle il s'est toujours imposé aux chercheurs ? quelle est sa racine logique ?

L'enfant et l'homme primitif ont observé et conçoivent déjà clairement que certains phénomènes sont toujours suivis de certains autres. « Toutes les fois que les mêmes conditions sont réalisées, le même résultat se produit », dit le philosophe. C'est la loi de causalité. Elle consiste essentiellement à affirmer que les phénomènes dépendent les uns des autres, ou, comme dit Mach, qu'il existe des équations entre eux. Cependant, — il faut le rappeler à beaucoup de savants, — la loi de causalité laisse subsister une certaine *indétermination* dans la nature, et « un philosophe pourrait essayer d'y rattacher ses idées sur le libre arbitre ». Car « le monde est comme une machine où le mouvement de certaines pièces est déterminé par le mouvement de certaines autres, mais où rien n'est déterminé quant au mouvement de la machine entière ». Ceux qui croient pouvoir affirmer par exemple, au nom d'un principe d'entropie, que *l'univers*

1. Ibid., p. 31-37.

dans son ensemble marche vers l'immobilité et la mort, se font illusion[1].

Que la loi de causalité repose elle-même sur une immense induction ou qu'elle soit fondée sur notre organisation mentale, elle est en tout cas *a priori*; elle précède l'expérience positive[2]. Mais elle n'en dispense pas : Les recettes de la magie, les explications enfantines sur les phénomènes naturels, sont des applications fautives de la loi causale, en l'absence d'expériences positives[3].

Il en est de même à cet égard du *principe de raison suffisante* qui n'est que la réciproque de la loi causale : aucun changement ne peut se produire sans un changement antécédent qui en soit la cause suffisante. Excellent instrument dans la main d'un chercheur expérimenté, vaine formule dans celle de l'homme le plus intelligent à qui manquent les connaissances spéciales (die Sachkenntniss). Des exemples historiques le montrent[4].

A son tour enfin, le principe « que le mouvement perpétuel est impossible » ou « qu'on ne peut créer du travail avec rien » n'est, au dire de Mach, qu'une autre forme de la loi de causalité. On peut, en effet, l'exprimer comme suit : « Si un groupe de phénomènes a, b, c... est une source continue de travail, c'est-à-dire une source de changements continuels, ces phénomènes a, b, c... doivent être eux-mêmes en changement continuel. » Mais cette formule n'est pas réversible, car certains groupes de phénomènes en changement perpétuel, ne sont pas sources de travail. Ici encore c'est l'expérience qui nous renseigne. Sans elle les principes abstraits ne sont rien[5].

1. Erhalt. Arb. p. 33-37, 57.
2. Ibid. p. 50.
3. Ibid. p. 36-38.
4. Ibid. p. 38-42.
5. Ibid. p. 42-45.

On a attribué une importance particulière au fait que lorsque la réserve disponible de travail (énergie potentielle) augmente, la force vive (énergie actuelle) diminue et réciproquement, de sorte que, tout compte fait, la somme de l'énergie reste toujours constante. « Bien que cette manière de s'exprimer, qui rappelle une balance commerciale, soit assurément très commode, très claire et très appropriée à la nature essentiellement « économique » de notre esprit, nous ne trouvons cependant rien de plus dans la loi de constance de l'énergie que dans les autres lois physiques ; et je ne puis, dit Mach, partager l'enthousiasme quasi mystique avec lequel on la considère ». C'est la tâche de la science d'établir *comment* les phénomènes a, b, c... dépendent les uns des autres (die Art der Abhängigkeit). Mais on peut écrire les équations de dépendance, c'est-à-dire les lois, sous l'une ou l'autre des trois formes :

$f(a, b, c...) = 0$, soit : Telle relation entre les phénomènes a, b, c... est *impossible*.

$a = F(a, b, c...)$, soit : Le phénomène a est lié aux autres b, c... *de telle manière*.

$F(a, b, c...) =$ constante, soit : Telle relation entre les phénomènes a, b, c... est *constante*. C'est cette dernière forme que revêtent les « lois de conservation », mais il n'y a pas de différence essentielle entre une manière de s'exprimer et les deux autres[1].

***

Tel est le contenu de cet opuscule, assurément un peu touffu, sur *le principe de conservation du travail*. Mach a dû rappeler plusieurs fois l'existence de cet écrit et sa date (1872) pour défendre la priorité et

1. Ibid. p. 45.

l'originalité de ses idées, dont plusieurs se retrouvent chez d'autres auteurs (surtout Kirchhoff, puis toute l'école pragmatiste). Quelques affirmations un peu confuses ou exagérées demandaient à être mises au point ; elles le furent dans les ouvrages ultérieurs de Mach. Mais il a pu dire avec raison, à propos de cette brochure : « j'y ai nettement indiqué le point de vue auquel je me place, dans la critique de la connaissance, par rapport à la science en général et à la physique en particulier ». Elle présente en effet, en leur premier jet, les idées directrices de sa théorie de la science, savoir :

Etudier les problèmes généraux de la science de la nature, non par une méthode spéculative, mais en faisant l'analyse historique des concepts fondamentaux et l'histoire critique des découvertes scientifiques.

Remplacer les concepts de cause et d'effet par la relation mathématique de *fonction* à variable.

Ne s'attacher qu'aux faits sensibles ; considérer les concepts de la physique (volontiers qualifiés de métaphysiques) et les lois comme de simples moyens de l'*économie* de pensée.

Réduire la tâche de la science à la découverte des rapports de *dépendance réciproque des phénomènes et à leur description économique*, c'est-à-dire à leur expression aussi concise, aussi compréhensive que possible.

Eviter de généraliser indûment les théories. Rejeter le mécanisme universel.

CHAPITRE V

TRAVAUX SPÉCIAUX DE PHYSIQUE
ETUDE DES SENSATIONS DE MOUVEMENT
1873-1875 (35 à 37 ans)

1. Ondes vibratoires. Projectiles. Inventions diverses. Manuels.
2. Les sensations de mouvement.

1. — *Travaux spéciaux de physique* (1860-1896)

Mach ne se contentait pas de recommander aux physiciens la défiance à l'égard des théories, la fidélité aux faits sensibles et le recours à l'expérience, il se livra lui-même, durant presque toute sa carrière, à des recherches de physique expérimentale. Pendant ses séjours à Vienne, puis à Graz, préoccupé, comme nous l'avons vu, de questions de psycho-physiologie, il ne fit en physique que quelques travaux isolés : sur la *théorie de Doppler* (p. 9), sur les *actions moléculaires dans les liquides visqueux* et la mesure de l'épaisseur des lames capillaires, sur les *lois de la résonance*, sur la *spectroscopie*[1]. Mais au laboratoire de l'Institut de physique de Prague, qu'il dirigeait depuis 1867, le bon

1. *Ueb. die Molekularwirkung der Flüssigkeiten*. Sitzb. Ak. W. 46, II, 1862. Sitzb. W. Ak. 1863. Zeitschrift f. Math. u. Phys. 1863, 64.

outillage expérimental dont il disposait lui permit d'entreprendre une série de recherches plus suivies. Il en publia les résultats sous le titre d'*Expériences optico-acoustiques* (1873)[1]. Il nous suffira d'en donner un bref aperçu.

Les corps transparents amorphes, verre, eau, réfractent, c'est-à-dire font dévier, suivant une loi connue, le rayon lumineux qui les traverse. Mais les cristaux et les corps de structure cristalline sont généralement *biréfringents*, c'est-à-dire décomposent le rayon incident en deux rayons réfractés, d'angles différents. Mach montre qu'un bâton transparent, en verre ou en substances semi-fluides (baume du Canada, colle, acide phosphorique) acquiert aussi la double réfringence si on le soumet à des pressions ou à des tractions unilatérales. La vibration sonore n'étant pas autre chose qu'une succession de pressions et de dilatations à l'intérieur du corps vibrant, un bâton de verre qui résonne devra posséder et perdre périodiquement la biréfringence. L'observation directe de mouvements aussi rapides est impossible; il faut recourir à la *méthode stroboscopique*, dont la première idée remonte au physicien belge Plateau. Elle consiste à soustraire et à rendre, par intermittences très brèves, au regard de l'observateur l'objet qui est animé d'un mouvement trop rapide. (On se sert pour cela soit d'un disque tournant percé de trous, soit d'un miroir tournant, etc.) Si une corde fait cent vibrations par seconde, et qu'on l'aperçoive cent fois par seconde pendant un instant extrêmement court, elle apparaîtra immobile dans l'une ou l'autre de ses positions de vibration[2]. De cette idée très simple Mach inventa d'ingénieuses applica-

1. *Optisch-Akustische Versuche. Die spektrale und stroboskopische Untersuchung tönender Körper*, Prag. 1873.

2. L'invention du cinématographe n'est qu'une combinaison de la méthode stroboscopique avec la photographie instantanée.

tions. Dans un large tuyau d'orgue en verre il fait monter de minces filets de fumée; quand le tuyau résonne, ces filets vibrent avec l'air ambiant; aussi, sous un éclairage intermittent convenablement réglé, on les voit dessiner de belles formes d'ondes. Il applique enfin la méthode stroboscopique perfectionnée à l'observation des flammes vibrantes de Koenig, des propriétés optiques du verre et de l'air vibrants, des phénomènes d'interférences dans le spectre, etc.

Dans d'autres travaux, en collaboration avec des élèves ou des collègues, Mach étudie la *propagation des ondes sonores* produites soit par une explosion, soit par l'étincelle électrique, la *vitesse de la lumière* dans le quartz, les *interférences* avec la lumière polarisée, la *différence des deux états électriques*, etc.[1]

S'étant rendu à Paris en 1881, pour la première Exposition d'électricité, il présenta à la Société française de physique un résumé de ses recherches *Sur les ondes produites par les étincelles électriques*[2]. De fortes étincelles ébranlent l'air ambiant; si l'on produit ces étincelles tout près d'une plaque recouverte d'une poudre impalpable, l'onde aérienne y marque une trace. Les lois de la réflexion, de la réfraction et des interférences de la lumière ne sont pas exactement applicables à ces ondes à cause de leur longueur relativement très grande. Mach découvre que la *vitesse de propagation* d'un ébranlement aérien est beaucoup plus grande dans le voisinage immédiat du point de départ, puis diminue rapidement jusqu'à une limite constante, qui est en moyenne de 340 mètres par seconde.

De 1887 à 1896, à plusieurs reprises, il étudia, aidé de son fils Ludwig Mach, les *Phénomènes que présentent*

1. V. Sitzb. Akad. W., années 1872-79.

2. *Séances de la Société française de physique*. 1881, p. 210-218.

les projectiles[1]. Le Ministère de la guerre autrichien mit à sa disposition la place de tir de Pola avec un canon, la maison Krupp celle de Meppen, sur lesquelles il exécuta quelques expériences en plein air. Mais son laboratoire de Prague se prêtait encore mieux à son dessein. Au moyen d'un dispositif ingénieux, il parvint à obtenir des photographies instantanées de balles de fusil en pleine course. Ces projectiles traversaient un chambre obscure, éclairée par une étincelle électrique de 1/800.000 de seconde. Grâce à une méthode optique trop spéciale pour être décrite ici, le remous d'air (vague de pointe et sillage) que trace le projectile dans sa course, devenait visible aussi sur l'épreuve photographique. — Enfin, un des premiers, Mach donna l'explication véritable du phénomène du « claquement » de la balle et de l'obus, c'est-à-dire de la seconde détonation qu'entend un observateur placé dans le voisinage de la trajectoire, si la vitesse du projectile est supérieure à la vitesse de propagation du son.

On lui doit quelques petites *inventions* dont l'utilité pour l'enseignement de la physique est évidente : une machine à ondulations qui donne une imitation plastique de la marche des ondes[2], une sorte de tableau schématique qui permet de trouver immédiatement sur un clavier de piano les sons de combinaison de deux ou plusieurs notes quelconques[3], plusieurs *appareils de démonstration* ou modèles mécaniques, etc.[4]

1. *Uber Erscheinungen an fliegenden Projectilen*. Confér. prononcée en nov. 1897, à Vienne. Pop. p. 356 et Sitzb. W. Ak., années 1877, 1887, 1890, 1892, 1896.

2. *Eine Longitudinalwellen maschine*. Pogg. Annalen, 1867.

3. *Einleitung in die Helmholtzsche Musik-theorie*. Graz, 1866.

4. Par ex. un appareil à pendule servant à démontrer intuitivement le principe de Newton, l'influence de la force accélératrice. *Einfache Demonstration des Huygenschen Prinzips*. Poggendorfs Annalen. 1868.

Ces travaux si divers, qui intéressent presque tous les chapitres de la physique, possèdent-ils une caractéristique commune ? Certains physiciens semblent s'intéresser exclusivement à ce qui ne se touche ni ne se voit, à ce qui n'est qu'intelligible dans la science. Ils tâchent de concevoir de nouvelles abstractions, forces, éléments, fonctions, pour expliquer les phénomènes, et ils en font le sujet de développements mathématiques. Mach au contraire a un souci constant de rendre présent, de rendre sensible (vergegenwärtigen, versinnlichen) ce qui reste trop souvent dans les esprits à l'état d'image vague ou de symbole algébrique. Les ondes, les vibrations invisibles, dont on parle en physique et qu'on ne mesure que par des procédés indirects, Mach veut les faire voir et en quelque sorte toucher du doigt à ses élèves. De là l'emploi fréquent de procédés photographiques ou de projections. A force d'ingéniosité, il parvint, par exemple, à faire suivre par un nombreux auditoire, au moyen de projections lumineuses, quelques-unes de ses plus délicates « expériences optico-acoustiques ».

Dans tous ses mémoires de physique, l'exposition est aussi concrète que le permet le sujet. Elle reste aussi proche que possible de la simple reproduction des faits observés. Nous savons déjà et nous verrons encore combien Mach insiste sur la valeur essentielle des données sensibles, des phénomènes, et sur le rôle secondaire, auxiliaire, des concepts et des théories dans la science.

Soutenir la pensée abstraite par l'intuition sensible, savoir même faire entrer dans l'intuition les objets qui lui seraient naturellement inaccessibles, c'est un grand secret de l'art d'enseigner. Mach composa pour les différents degrés scolaires des *Manuels de physique*[1],

1. *Grundriss der Naturlehre*, 1887. — *Lehrbuch der Physik*, 1890. — *Leitfaden der Physik*, 1891. V. HENNING, *E. Mach*, p. 58.

qui furent longtemps les plus usuels dans les écoles allemandes.

Il faut mentionner enfin des *conférences* de vulgarisation sur des sujets de physique : *Histoire des procédés de mesure de la vitesse de la lumière* (1866), *Des figures géométriques formées par les liquides visqueux* (expériences sur la capillarité) (1868), *Les concepts fondamentaux de l'électrostatique* (1883), *Contribution à l'histoire de l'acoustique* (1892)[1].

2. — *Etude des sensations de mouvement* (1873-1874)

Mach ne pouvait pas limiter son horizon intellectuel à la physique. Malgré le souci de son enseignement, il restait attiré par ces questions de psycho-physiologie, qu'il avait appris à connaître à l'école de Fechner et de Helmholtz.

Un professeur de mécanique curieux d'études des sensations, ne pouvait manquer d'aborder le sujet de la perception du mouvement. Voici plus précisément le problème qu'il se proposa de résoudre : quand notre corps est mû passivement (par exemple dans un véhicule, en bateau, etc.), comment, par quels organes percevons-nous sa position et ses mouvements ?

Il pensa, d'après ses premières observations, que nous recevons alors des impressions de toutes les parties de notre corps, par le poids ou les pressions qu'elles exercent les unes sur les autres[2]. Mais, comme nous l'avons vu dans une autre occasion (p. 33), Mach répugnait d'instinct à admettre des « raisonnements inconscients », ou la possibilité d'une synthèse psychologique d'éléments très divers en une perception totale. Et de même qu'il avait, lors de ses travaux sur l'ouïe, cherché ou postulé quelque organe des sensations de

1. *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen*. Leipzig, 1910, p. 59, 1, 136, 48.
2. Bewegsempf. p. 2.

temps ou de *rythme*, distinct de l'organe auditif proprement dit (p. 28), il s'enquiert ici d'un organe spécifique pour le *sens du déplacement* et *de la position*[1].

Il résolut d'entreprendre des recherches méthodiques et son premier soin fut de faire construire un appareil ad hoc : un grand cadre en bois placé verticalement et pouvant tourner autour d'un axe central, comme une toupie. A l'intérieur de ce cadre est suspendu un siège mobile autour d'un axe horizontal. L'observateur qui y est assis (c'était le plus souvent Mach lui-même) et qui a les yeux bandés, peut être soumis à des mouvements de rotation très divers, uniformes ou accélérés, brusquement arrêtés, etc. et cela dans toutes les positions de son corps.

D'autres essais, sur les mouvements d'ascension et de chute, furent faits avec une sorte de bascule. Enfin Mach attacha des souris ou des lapins sur le plateau d'une machine centrifuge, pour observer leur réaction au vertige rotatoire[2].

De cette première série d'expériences il résulte : 1° que nous sentons immédiatement les mouvements de rotation, de translation et aussi la position de notre corps; 2° que c'est l'accélération ou le ralentissement

1. Une observation que Mach fit par hasard en chemin de fer semblait confirmer l'existence distincte d'un sens de la position, ou géotropisme animal. Il remarqua un jour qu'au passage d'une courbe assez accentuée les arbres et les maisons lui paraissaient s'écarter sensiblement de la verticale et prendre une position oblique. Le relèvement de la voie du côté convexe de la courbe ne pouvait expliquer ce phénomène, car l'inclinaison des maisons lui apparaissait comme absolue, et non pas relative au wagon. Mais tout devient compréhensible si l'on admet qu'il existe une sensation immédiate de la verticale, et que nous considérons toujours comme verticale la direction de la gravité (Massenbeschleunigung), c'est-à-dire, dans le cas du train sur un tournant, une direction oblique, puisque la force centrifuge horizontale se compose alors avec la pesanteur. Bewegsempf. p. 2 et 23. Pop. p. 388 et 468 ss.
2. *Bewegsempf.* p. 23-40.

du mouvement qui excite cette sensation, tandis qu'un mouvement uniforme, quel qu'il soit, cesse assez vite d'être perçu ; 3° que les sensations persistent quelque temps après l'excitation (si le siège tournant est arrêté brusquement, l'observateur se croit entraîné dans une rotation en sens contraire, mais ce sentiment lui-même disparaît et l'observateur se croit immobile dès qu'on le remet en marche dans le sens primitif) ; 4° que l'organe des sensations de rotation doit être situé dans la tête, car si l'on incline un peu la tête pendant qu'on éprouve l'illusion de rotation, on sent ce mouvement illusoire s'incliner de même sur son axe [1].

Cette dernière observation fut pour Mach « un trait de lumière ». Il se rappela les impressions de vertige bien connues de tous les enfants qui se sont amusés à tourner rapidement sur eux-mêmes [2]. Il pensa aux expériences de Flourens (1823-42) qui consistaient à couper, à des pigeons et des lapins, les canaux semicirlaires du labyrinthe (oreille interne); ces animaux perdaient aussitôt l'équilibre et trébuchaient en branlant vivement la tête. Il reconnut la vraisemblance de la théorie de Goltz, selon laquelle les canaux semicirculaires seraient des organes sensoriels servant à maintenir l'équilibre de la tête et, par suite, celui du corps entier [3].

Par une seconde série d'expériences fort ingénieuses, formant la contre-partie négative des premières, Mach établit que les impressions provenant de l'inertie de la masse du cerveau ou des organes situés hors de la tête : articulations, muscles, os, peau, etc., ne suffisent pas

1. *Ibid*. 124 ss. et Pop. p. 390.

2. Un physiologiste de Vienne, Purkynie avait, déjà cinquante ans auparavant, étudié et décrit minutieusement les phénomènes du vertige rotatoire. Mais Mach ne connaissait pas encore ces travaux quand il fit ses premières expériences. — Bewegsempf. p. 24.

3. Pop. p. 392, 393.

à expliquer les diverses sensations observées dans les mouvements passifs, bien qu'elles jouent un certain rôle pour la perception de la locomotion [1].

Il conclut en élargissant l'hypothèse de Goltz : Le labyrinthe renfermerait l'organe du *sens du mouvement* [2]. Les canaux semi-circulaires, remplis d'un liquide aqueux, pareils à six petits niveaux d'eau, situés dans trois plans rectangulaires et reliés au cerveau par des nerfs, semblent merveilleusement adaptés au rôle d'organe percepteur des rotations. En effet, la tête venant à tourner selon le plan d'un de ces canaux, l'inertie relative du contenu liquide accroît montanément sa pression sur les terminaisons nerveuses aboutissant au canal considéré, ce qui produirait une sensation de rotation. A celle-ci répondent, commandés par le cervelet, des mouvements réflexes appropriés des yeux et des membres. La lésion des canaux semi-circulaires (expériences de Flourens) exciterait vivement leurs nerfs ; de là le vertige et les mouvements désordonnés que cette lésion occasionne.

Après avoir exposé brièvement ces résultats à l'Académie des sciences de Vienne en 1874, Mach les consigna tout au long, précédés d'une introduction théorique sur les principes de mécanique applicables au corps humain, dans un petit livre, *Eléments de la théorie des sensations de mouvement*, paru en 1875 [3].

1. Bewegsempf. p. 65, 96, 125.

2. Le *labyrinthe* ou oreille interne, logé au fond d'une cavité du crâne, se compose de trois parties : le *limaçon*, le *vestibule* et le *système des canaux semi-circulaires* (au nombre de trois dans chaque oreille). Le limaçon serait, d'après Helmholtz, l'organe percepteur des sons (V. ci-dessus, p. 25). Les canaux semi-circulaires, quoique accolés au limaçon, auraient donc une fonction non auditive et toute différente ; il est vrai que les filets nerveux qui y aboutissent sont distincts de ceux du limaçon. Pour une description anatomique sommaire de l'oreille, v. W. James, *Précis de psychologie*, trad. Baudin et Bertier, p. 95 et p. 95-98.

3. *Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen*. — Leipzig, 1875, 127 p.

En même temps que Mach, deux autres expérimentateurs, J. Breuer à Vienne et Crum Brown à Edimburg, étaient arrivés, indépendamment l'un de l'autre, à des conclusions toutes semblables. Mach reconnaît le fait et discute ces travaux dans son ouvrage.

Plus tard, entre 1885 et 1900, il reprend ce sujet et étudie plus particulièrement les sensations de translation et celles de position ou d'équilibre (sensation de la direction verticale)[1]. Il pense qu'elles sont fournies soit aussi par les canaux semi-circulaires, soit plutôt par un autre petit organe du labyrinthe, les *otolithes* du vestibule. Les otolithes se présentent comme de minuscules cailloux portés par des cils, sur lesquels ils exercent évidemment par leur poids une certaine pression. Toute inclinaison de la tête doit modifier leur position et par suite celle des cellules épithéliales sensibles. L'orientation de notre tête nous serait connue directement de cette manière. Cependant ce point n'est pas encore bien éclairci. En revanche, sur les mouvements de rotation, les travaux ultérieurs n'ont fait que confirmer la théorie de Mach-Breuer-Brown. A ces trois savants revient donc la gloire d'avoir découvert et fait connaître un sens nouveau, le *sens de la rotation*.

1. Anal. 108 à 139; Pop. 384-410, Conférence prononcée en 1897, *Ueber Orientierungsempfidungen*.

CHAPITRE VI

Idées sur la nature et la genèse de la science

1882-1885 (44 à 47 ans)

1. — La Mécanique et l'idée d'économie

A) *La Mécanique*

Les principes de la statique. Les connaissances instinctives. La dynamique. Galilée. Newton. La gravitation. La notion de masse. Relativité du temps, de l'espace et du mouvement. L'inertie. Le développement de la mécanique. Méthode suivie par Mach.

B) *L'idée d'économie*

Son origine. L'économie dans la nature et dans la pensée. Les commencements de la science et sa communication. La description et les lois. Economie des mathématiques et de la physique. Critique des notions de cause et de substance. Critique des théories atomistes et mécanistes. La valeur de la science.

2. — Le Darwinisme et l'idée d'adaptation

L'évolutionisme de Spencer. La thèse transformiste. Succès du darwinisme. Première influence sur Mach. Le transformisme dans les sciences psychologiques. L'adaptation des idées aux faits. Prévision et causalité. La recherche scientifique.

L'enseignement de la physique à l'Université de Prague pendant près de trente ans et les recherches expérimentales de physique et de psycho-physiologie, poursuivies durant toute sa carrière, forment comme la trame de l'activité de Mach. Mais à la curiosité scientifique de voir et de connaître, vient se joindre chez lui le besoin philosophique de plus en plus impérieux, de comprendre. Changeant donc de méthode et quittant le

laboratoire pour la bibliothèque, il lisait les classiques de la science, ainsi que les auteurs récents ; il méditait et récapitulait dans sa pensée les résultats de ses travaux, de son expérience de professeur et de ses lectures. Il s'élevait alors à des aperçus généraux, à des vues synthétiques, qu'il exposait au public, ordinairement dans des conférences.

Rappelons seulement deux de ces moments de recueillement où la pensée de Mach, se concentrant, quitte le terrain de la science expérimentale pour celui des généralisations philosophiques :

A 25 ans, enthousiaste de Fechner et des perspectives que la *Psychophysique* semblait ouvrir aux chercheurs, il en faisait le sujet d'une série de conférences, où il risquait quelques considérations sur le problème de l'âme et du corps et sur la valeur de la science (p. 19).

Quelques années plus tard, devenu professeur de physique, il ressent le besoin de soumettre les principes de cette science à un examen critique approfondi, et il compose son discours *Sur le principe de conservation* (v. chap. IV).

Enfin à l'époque particulièrement féconde où nous sommes arrivés (Mach a 44 ans), il élabore en peu d'années, sinon une théorie complète de l'être et de la connaissance, du moins un ensemble d'idées sur la nature de la science et de la réalité, qui a un grand intérêt philosophique. J'exposerai dans ce chapitre les vues sur la science qu'on trouve dans les deux conférences et dans l'ouvrage suivants :

La nature économique de la recherche physique (1882) ; *De la transformation et de l'adaptation dans la pensée scientifique* (1883) [1] ;

1. *Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung*. Pop. 217-244. — *Ueber Umbildung und Anpassung im naturwissenschaftlichen Denken*. Pop. 245-265.

La Mécanique, exposé historique et critique de son développement (1883) [1].

1. — LA « MÉCANIQUE » ET L'IDÉE D'ÉCONOMIE

A. — *La Mécanique*

Ce livre de près de 500 pages, qui est le fruit et le résumé de quinze années d'enseignement et d'études, ne veut pas être un traité systématique, ni un manuel destiné à enseigner les théorèmes de la mécanique. Persuadé que «la connaissance de l'histoire d'une science est indispensable à l'intelligence complète de sa forme actuelle », Mach expose la genèse de chacun des problèmes de la mécanique et ses transformations, ainsi que la marche des idées chez les grands créateurs de la science, les Galilée, les Newton, les Lagrange. L'ouvrage est aussi défini par son auteur « un travail d'explication critique animé d'un esprit antimétaphysique ».

On peut donc dire que Mach a repris ici, avec un grand développement, le dessein indiqué par son opuscule de 1872 sur la conservation du travail : « pénétrer les éléments essentiels des principes de la physique par l'analyse historique et critique du développement de la science ».

Quant à l'esprit « antimétaphysique » qui anime ce livre, le lecteur soupçonne déjà que le terme de métaphysique, sous la plume de Mach, est à peu près synonyme de rationalisme ou de *apriorisme*. En effet, l'auteur s'applique à montrer : que les lois de la mécanique ne sont pas des vérités absolues, définitives, immuables, mais

1. *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch kritisch dargestellt*. Leipzig, 1883. — Traduction française (avec le titre ci-dessus) d'après la 4e édit. allemande, par Emile Bertrand, Paris 1904, 483 p. Les citations sont faites d'après cette trad. franç., mais dans ce chapitre, sauf indication contraire, je ne cite que des passages appartenant à la 1re édit. allemande de 1883.

qu'elles ont varié au gré des circonstances historiques ; que malgré les apparences, aucun principe mécanique n'est évident *a priori* ou logiquement nécessaire ; qu'à ses débuts tout au moins, la mécanique est une science naturelle d'observation, fondée sur des faits expérimentaux : phénomènes de l'équilibre entre des forces, du levier, de la chute des corps, etc. S'avisant enfin que « l'histoire du développement de la mécanique fournit un exemple simple et suggestif du processus par lequel les sciences de la nature se constituent généralement [1] », Mach élargit ses conclusions et termine le livre par une véritable théorie de la science en général. L'une de ses thèses principales est la suivante : Le travail scientifique consiste essentiellement à coordonner les faits et à formuler leurs relations de la manière la plus simple et la plus commode, afin d'épargner l'effort intellectuel. La science est une « économie de la pensée ».

***

La tendance relativiste et empiriste de Mach se manifeste d'emblée et à travers tout l'ouvrage. Voici par exemple comment est définie la notion fondamentale de *force* :

« La force est une circonstance qui a le mouvement pour conséquence... Les circonstances déterminantes de mouvement qui nous sont les mieux connues sont nos propres actes volontaires, dépendants de l'innervation. Dans nos mouvements nous ressentons toujours une certaine pression. De là notre habitude de nous figurer toute force comme analogue à un acte de volonté, comme une *pression*. On a en vain essayé de rejeter cette conception comme subjective, animique et non scientifique ; mais il ne peut servir à rien de faire violence à la façon naturelle de penser qui nous est propre et de nous condamner ainsi à une volontaire pauvreté intellectuelle. En remplaçant les forces qui se présentent dans la

1. Méc. Préf. 1, 7.

nature par nos innervations, nous acquérons la notion d'une gradation dans les intensités des forces... On apprend ensuite que... toutes les forces sont des grandeurs de même espèce qui peuvent être remplacées par des poids. Le poids mesurable nous fournit un indice commode, communicable et plus certain de la force [1]. »

Dans son analyse des quatre grands principes de la *Statique*, Mach pourchasse encore l'esprit « métaphysique » ou rationaliste. En effet, tous les théoriciens ont cherché à démontrer que le *principe du levier* et celui du *plan incliné* sont logiquement nécessaires, en déduisant le premier du principe logique de raison suffisante, et le second de l'axiome d'impossibilité du mouvement perpétuel.

Mach montre que dans tous les raisonnements sur le levier une hypothèse *tacite* est incluse, à savoir : que seuls les poids et leurs distances de l'axe (et non la couleur des bras de levier, la position du spectateur ou tout autre phénomène) déterminent l'équilibre ou sa rupture. Cette connaissance est fondée sur une quantité d'expériences préalables, positives ou négatives. C'est par elles que le principe du levier devient une conviction instinctive qui s'impose à l'esprit. Mais c'est un fait expérimental donné, qu'une force agit proportionnellement à sa distance de l'axe [2].

Quant à l'hypothèse de l'impossibilité du mouvement perpétuel, elle n'est pas une vérité a priori, et « elle ne renferme qu'une connaissance purement instinctive... Nous avons le sentiment de n'avoir jamais observé ni vu rien qui ressemblât à un mouvement de cette espèce, que rien de pareil n'existait dans la nature ». Et nous nous fions à une conviction de ce genre plus encore qu'à une observation simple et directe ; parce que celle-ci

1. Méc. 81, 82.
2. Méc. 15, 27.

est toujours sujette à une erreur de notre part, tandis que « nous sentons à l'évidence que la connaissance instinctive s'est établie sans que nous y ayons *en rien* contribué *personnellement*, qu'elle est indépendante de notre participation volontaire ». Et pourtant, fût-elle d'une puissance logique irrésistible, elle « laisse subsister en nous comme le besoin d'un examen plus approfondi... Elle peut toujours nous induire en erreur... elle n'a de valeur que dans les domaines qui nous sont très familiers... Elle est surtout négative, et nous permet non pas de prédire ce qui arrivera, mais seulement de dire les choses qui ne peuvent pas arriver[1]. »

Quelle est l'origine des connaissances instinctives? « Ce que nous observons dans la nature s'imprime *incompris* et *inanalysé* dans nos représentations... Ces expériences accumulées constituent pour nous un trésor que nous avons toujours sous la main et dont une très minime partie seulement est contenue dans la série de nos idées claires... Tout expérimentateur peut journellement observer sur lui-même comment il est guidé par les connaissances instinctives. En général un grand progrès scientifique se trouve réalisé quand un savant parvient à formuler d'une façon abstraite ce quelles renferment[2]. »

Quant au *principe de la composition des forces* (parallélogramme des forces), « Bernouilli pensait que c'était une vérité *géométrique* (indépendante de toute expérience physique). Aussi chercha-t-il à la démontrer par la géométrie ». Mais dans son raisonnement il fait tacitement usage d'une vérité d'observation : « savoir que les circonstances déterminantes d'une force... sont sa grandeur et sa direction, c'est une expérience imperceptible mais déjà fort importante ». La démonstration

1. Méc. 30-34.
2. Méc. 33, 34.

du principe par Bernouilli s'appuie sur cette connaissance empirique[1].

Enfin Lagrange a donné, du *principe des déplacements virtuels*, une démonstration célèbre, d'apparence toute rationnelle. Mach en fait voir le point faible :

« Dans le principe des travaux virtuels, il ne se trouve rien d'autre que la reconnaissance d'un fait qui nous était instinctivement familier depuis longtemps, mais que nous ne saisissions pas d'une façon aussi précise ni aussi claire : Les corps pesants ne se meuvent d'eux-mêmes que vers le bas; lorsque plusieurs corps sont liés entre eux de telle façon qu'ils ne peuvent pas se déplacer indépendamment les uns des autres, ils ne se meuvent que si la masse dans son ensemble peut tomber. » Tel est le fait d'observation ou la connaissance instinctive que le principe ne fait que préciser. « On entre beaucoup plus profondément dans la conception logique de la nature en constatant l'existence d'un fait, qu'en se laissant imposer par un semblant de démonstration. » « Cette manie de la démonstration introduit dans la science une rigueur fausse et absurde... On ne peut pas prouver mathématiquement que la nature doit être ce qu'elle est; on peut seulement démontrer que les propriétés observées en entraînent une série d'autres qui souvent ne sont point directement visibles[2]. »

***

L'exposé de la *Dynamique* donne lieu à des remarques analogues. Mach décrit la marche des idées de *Galilée* relativement au problème de la *chute des corps*, dont il découvrit la loi exacte. Galilée, dit-il, a établi le premier que l'action de la pesanteur et, par suite, de toute force, sur les corps, consiste en une accélération, positive ou négative, de leur mouvement. Cela n'était « nullement évident *a priori* »; Galilée l'a discerné avec l'aide de l'expérience. Il résultait de cette

1. Méc. 40-48.
2. Méc. 68, 74, 75, 80.

conception que le mouvement uniforme indéfini est celui des corps qui ne subissent l'action d'aucune force. C'est ainsi qu'il découvrit la loi d'*inertie* [1].

Après l'exposé des contributions de *Huyghens* — qui étudia surtout la force centrifuge, le mouvement circulaire uniforme et le pendule [2] — Mach aborde l'œuvre de Newton.

Outre l'immortelle découverte de la gravitation universelle, on doit à *Newton* une systématisation des principes de la mécanique qui est devenue et restée classique. Il y sépare nettement pour la première fois les concepts de poids et de masse. La notion de *masse* n'est pas aisée à saisir distinctement, et sans vouloir « jeter la plus petite ombre sur la splendeur du génie de Newton », Mach trouve malheureuse sa définition de la masse, qui manque de clarté et renferme un cercle vicieux. Il en propose une autre dont l'adoption permettrait de « simplifier beaucoup l'exposition des principes mécaniques et d'y introduire plus d'ordre et de méthode [3] ». En effet Mach remplace finalement les huit définitions et les trois lois du mouvement de Newton par un système équivalent comprenant seulement trois principes expérimentaux et deux définitions [4]. Sans nous attarder à ces considérations qui intéressent surtout l'enseignement de la mécanique, citons seulement cette conclusion :

« Une expérience nous fait découvrir dans les corps l'existence d'une caractéristique particulière déterminante d'accélération. Notre tâche se termine à la reconnaissance distincte et à la désignation précise de ce fait. En allant au delà de cette reconnaissance de fait nous ne pourrions qu'apporter de l'obscurité. Toute difficulté disparaît dès que l'on conçoit clairement que le concept *masse* ne contient aucune théorie, mais bien une expérience. Jusqu'ici ce concept s'est maintenu dans la science. Il est très invraisemblable, mais non pas impossible qu'il en disparaisse un jour, de la même façon que l'idée d'une quantité de chaleur invariable qui reposait aussi sur l'expérience a été modifiée par des expériences nouvelles [1]. »

Sur un autre point Mach combat encore plus décidément les idées de Newton : la conception du temps,

1. Méc. 112-135.
2. Id. 147-179.
3. Méc. 187 ss., 210 ss., 237, 240.
4. Newton définit la masse : « la *quantité de matière* d'un corps, déterminée par le produit du volume et de la densité... $m = vd$. Le cercle vicieux est évident puisque l'on ne peut définir la densité que comme masse de l'unité de volume », $d = \frac{m}{v}$.

Mach prend son point de départ dans le fait expérimental de l'attraction ou plutôt de l'accélération que les corps se communiquent mutuellement. Il définit l'égalité de deux masses par l'égalité des accélérations communiquées.

Voici donc l'exposition simplifiée des principes qu'il propose :

« A) *Principe expérimental.* — Deux corps en présence l'un de l'autre, déterminent l'un sur l'autre, dans des circonstances qui doivent être données par la physique expérimentale, des accélérations opposées suivant la droite qui les unit. (Le principe de l'inertie se trouve déjà inclus dans cette proposition.)

B) *Définition.* — On appelle rapport des masses de deux corps l'inverse, pris en signe contraire, du rapport de leurs accélérations réciproques.

C) *Principe expérimental.* — Les rapports des masses des corps sont indépendants des circonstances physiques (qu'elles soient électriques, magnétiques ou autres), qui déterminent leurs accélérations réciproques. Ils restent aussi les mêmes, que ces accélérations soient acquises directement, ou indirectement.

D) *Principe expérimental.* — Les accélérations que plusieurs corps A, B, C... déterminent sur un corps sont indépendantes les unes des autres. (Le théorème du parallélogramme des forces est une conséquence immédiate de ce principe.)

E) *Définition.* — La force motrice est le produit de la valeur de la masse d'un corps par l'accélération déterminée sur ce corps. »

Mach ajoute : « Ces propositions remplissent les conditions de simplicité et d'épargne qu'on doit imposer aux bases fondamentales de la science. Elles sont claires, lucides, et ne peuvent donc laisser subsister aucun doute, ni quant à leur origine, ni sur le point de savoir si elles expriment une vérité d'expérience ou une convention arbitraire. » (Méc. pp. 189, 122, 239.)

Ces conceptions de Mach remontent déjà à 1868. (V. ci-dessus p. 41.)

1. Méc. 215.

de l'espace et du mouvement. Newton distingue le *temps relatif*, vulgaire ou apparent : heures, jours, etc., comportant de légères inégalités, et le *temps absolu* qui doit couler uniformément toujours de la même manière [1]. C'est là encore un *a priori* dont l'esprit empiriste de Mach ne pouvait s'accommoder. Voici ses objections :

« Dire qu'une chose A change avec le temps, signifie simplement que les circonstances de cette chose A dépendent des circonstances d'une autre chose B. Par exemple les oscillations d'un pendule prennent place dans le temps dès que leurs écarts dépendent de la position de la terre. Mais comme on peut aussi comparer le mouvement pendulaire à celui d'une montre ou aux variations de n'importe quelle autre chose, et même à notre sensation interne de temps, cela donne naissance à cette illusion que le temps serait une chose particulière qu'on peut considérer indépendamment de tous les phénomènes [2]. »

Or « nous sommes dans l'impossibilité absolue de mesurer par le temps les variations des choses. Le temps est bien plutôt une abstraction à laquelle nous arrivons par ces variations mêmes... Parler d'un temps absolu indépendant de toute variation est... dépourvu de sens. Ce temps absolu ne peut être mesuré par aucun mouvement ; il n'a donc aucune valeur ni pratique, ni scientifique. Personne ne peut dire qu'il sache rien de ce temps absolu ; c'est une oiseuse entité *métaphysique* [3] ».

« Nous arrivons à la notion de temps par le rapport entre le contenu de notre mémoire et le contenu de notre perception extérieure. Lorsque nous disons que le temps s'écoule dans une direction ou un sens défini, cela signifie simplement que les événements physiques (et par conséquent aussi les événements physiologiques) se passent dans un sens défini. Les différences de température,... et toutes les différences de niveau en général, abandonnées à elles-mêmes, ne croissent pas, mais diminuent. »

1. Id. 216.
2. Id. 217.
3. Id. 217, 218.

« Demander actuellement une parfaite élucidation de cette question serait vouloir anticiper à la façon de la philosophie spéculative sur les résultats de toutes les recherches futures, et exiger une parfaite connaissance de la nature [1]. »

Newton dans ses considérations sur l'*espace* et le *mouvement* « est encore une fois, observe Mach, en contradiction avec son dessein de n'étudier que des faits ». En effet il oppose à « l'espace *relatif*, qui tombe sous nos sens..., l'espace *absolu*, sans relation aux choses externes, partout similaire et immobile ». Il distingue encore le mouvement relatif et le mouvement absolu pour les raisons suivantes : « Si la terre est animée d'une rotation absolue autour de son axe..., des forces centrifuges s'y manifestent, elle est aplatie aux pôles..., la pesanteur diminue à l'équateur, etc. Ces phénomènes disparaîtraient si la terre était au repos et si c'étaient les corps célestes qui étaient animés d'un mouvement absolu tel, que la même rotation relative en résultât [2]. »

« Il en est bien ainsi, répond Mach, si nous prenons *a priori* l'espace absolu pour point de départ ; mais en restant sur le terrain des faits on ne connaît rien d'autre que l'espace et le mouvement relatifs... Personne ne peut rien dire de l'espace absolu et du mouvement absolu, notions purement abstraites... Tous les principes de la mécanique proviennent d'expériences sur les positions et les mouvements des corps relativement les uns aux autres... Nul n'est autorisé à étendre ces principes hors des limites de notre expérience. Bien plus cette extension n'aurait aucun sens, car personne ne saurait en faire usage [3]. »

1. Méc. 219.
2. Méc. 225.
3. Méc. 225, 223.

Pour juger de l'allure d'un corps K dans l'espace, la présence d'autres corps A, B, C... nous est nécessaire. « Faire soudainement abstraction de A, B, C, et se mettre à parler de l'allure de K dans l'espace absolu, c'est tomber dans une double erreur. Il nous est en effet impossible de savoir comment K se comporterait en l'absence des corps A, B, C, puisque nous ne posséderions alors aucun moyen qui nous permette de juger de son allure et de prouver notre affirmation ; celle-ci n'aurait donc plus de signification scientifique. »

Même le théorème concernant la gravitation de deux corps l'un vers l'autre, « contient une relation de ces deux corps à tous les autres corps... Seulement nous ne sommes restreints à aucun corps déterminé comme point de repère et nous pouvons faire abstraction tantôt de l'un tantôt de l'autre. C'est ce qui a donné naissance à l'idée que ces corps sont, somme toute, indifférents. » Pour revenir à l'exemple de la terre, Mach ne craint pas d'affirmer que « les mouvements dans le système du monde sont relatifs et demeurent les mêmes, soit que l'on adopte le système géocentrique de Ptolémée, ou celui de Copernic. Ces deux conceptions sont *également justes* ; la seconde n'est que plus simple et *plus pratique*. L'univers ne nous est pas donné deux fois, d'abord avec une terre au repos, puis avec une terre animée d'une rotation, mais bien une fois avec ses mouvements relatifs, seuls déterminables. Il est donc impossible de dire comment seraient les choses si la terre ne tournait pas... Les principes fondamentaux de la mécanique peuvent d'ailleurs être compris de telle manière que des forces centrifuges se manifestent même pour les rotations relatives [1]. »

La manière dont fut acquise la loi d'inertie montre que sa signification est tout empirique. « Galilée découvrit d'abord la constance de la vitesse et de la direction d'un corps par rapport à des objets terrestres... Newton appliqua au système solaire les principes mécaniques découverts depuis Galilée... L'allure des corps terrestres par rapport à la terre est comparable à celle

1. Méc., 223-225.

de la terre par rapport aux corps célestes. » En dernière analyse c'est par rapport à ces derniers que tout mouvement nous est connu. Une rotation absolue « n'est autre qu'une rotation relative par rapport aux étoiles fixes... Dire qu'un corps conserve sa vitesse et sa direction *dans l'espace* est simplement une manière abrégée de s'en référer à l'univers entier [1]. »

Mach est amené par ces considérations à formuler d'une manière relativiste et nouvelle la *loi d'inertie*. Il la rapporte aux étoiles fixes dans l'espace, et à la rotation de la terre dans le temps. C'est là, dit-il, le point de vue le plus naturel pour le chercheur sincère et sans détours [2].

1. Méc., 221, 226, 231. Cf. *Dogmes et paradoxes*, par A. Bernoud, Journal de Genève, 4 oct. 1920.

2. On énonce ordinairement la loi d'inertie comme suit : Un corps sur lequel n'agit aucune force conserve invariables sa vitesse et sa direction dans l'espace. On entend évidemment cette invariabilité par rapport à un système quelconque de coordonnées. Or ce système de coordonnées ne peut être déterminé que par les autres corps de l'univers. Donc au lieu de rapporter la loi d'inertie à un espace absolu, il faut reconnaître « que les masses qui, suivant la phraséologie courante, exercent les unes sur les autres des actions mutuelles et celles qui n'en exercent pas se trouvent entre elles dans des relations d'accélération parfaitement identiques, et l'on peut effectivement considérer toutes les masses comme en rapport les unes avec les autres ».

On arrive alors à l'une ou l'autre des formules suivantes pour la loi d'inertie :

« Les distances mutuelles de corps très éloignés l'un de l'autre, qui se meuvent avec une vitesse constante et dans la même direction relativement à des corps fixes très éloignés, varient proportionnellement au temps. »

« Si l'on néglige toutes les actions mutuelles, les distances des corps très éloignés varient proportionnellement entre elles. »

« Les grandes distances des masses sans action les unes sur les autres varient proportionnellement à elles-mêmes. »

(Méc., 226-229. Cf. ci-dessus ch. IV, p. 42, note.)

Ce sont ces considérations qui font de Mach un *précurseur des théories d'Einstein*. Ce dernier l'a déclaré formellement en ces termes :

« Mach a reconnu clairement les côtés faibles de la Mécanique classique et n'était pas éloigné de proposer une théorie générale de la relativité, et cela il y a presque un demi-siècle ! Il n'est pas invraisemblable que Mach serait arrivé à la théorie de la relativité, si à l'époque où son esprit avait encore la fraîcheur de la jeunesse, les physiciens s'étaient déjà occupés de

Cependant cette expression nouvelle de l'inertie, qui rapporte chaque masse à toutes les autres, soulève aussi des difficultés. Car il n'y a qu'un nombre limité de masses dans le champ de notre connaissance, et leur sommation ne peut être parfaite. « Il est impossible d'affirmer qu'elle représenterait encore le véritable état des choses si les étoiles venaient à se mouvoir sensiblement les unes vers les autres. » Mais nous n'avons qu'à «attendre que cette expérience se présente [1] ».

« Toutefois le plus important des résultats auxquels nous sommes arrivés est que précisément les principes en apparence les plus simples sont d'une nature très compliquée. Ils reposent sur des expériences non réalisées et même non réalisables. Ils sont en vérité suffisamment établis au point de vue pratique pour servir de base à la déduction mathématique, étant donnée la stabilité suffisante de notre entourage. Ils ne peuvent en aucune façon être considérés en eux-mêmes comme des vérités mathématiquement démontrées, mais au contraire comme des propositions qui réclament le contrôle perpétuel de l'expérience [2]. »

la signification à donner à la constance de la vitesse de la lumière. A défaut de cette considération, qui découle de l'électrodynamique de Maxwell-Lorentz, même le besoin critique d'un Mach n'a pas suffi pour éveiller le sentiment qu'il était nécessaire d'avoir une définition de la simultanéité de plusieurs événements distants dans l'espace.

« Les considérations sur l'expérience de Newton [ascension de l'eau contre la paroi d'un vase tournant] montrent combien son esprit était près d'admettre la relativité au sens général (relativité des accélérations). Il est vrai qu'ici il ne se rend pas compte clairement que l'égalité de la masse inerte et de la masse pesante des corps doit inciter à un postulat de relativité au sens large, puisque nous ne sommes pas en mesure de décider par des expériences si la chute des corps, relativement à un système de coordonnées, doit être rapportée à l'existence d'un champ de gravitation, ou à un état d'accélération du système de coordonnées. » (A. EINSTEIN, *E. Mach.* Physikal. Zeitschr. XVII, 1. Avril 1916, p. 103.)

1. Méc. 229, 230.

2. Méc., 230. — H. Poincaré a soutenu dans *La science et l'hypothèse* (1902) des thèses voisines de celles que Mach avançait dès 1883. Une étude comparative de Mach et de Poincaré serait des plus intéressantes mais elle sortirait du cadre de cet exposé. Cf. R. BERTHELOT, *Un romantisme utilitaire*, 1911.

* * *

Mach relève aussi que « parfois des circonstances accidentelles ont donné au développement de la science une direction particulière ». Ainsi Galilée étudiant la chute des graves fixa généralement son attention sur la vitesse acquise des mobiles. Le hasard fit qu'il découvrit d'abord la dépendance entre la vitesse et la durée de chute. Cette conception conduisait à présenter la *force* comme le concept primitif et le travail comme concept dérivé. Newton suivit cette voie. Au contraire Huyghens, sans arriver toujours à dénommer clairement ses découvertes, considéra la vitesse plutôt en fonction de la hauteur de chute, ce qui fait apparaître le *travail* comme notion primordiale. Des facteurs instinctifs entrent au même titre dans la découverte de ces deux concepts (force et travail). Après Huyghens et Newton, les deux manières de penser se mêlèrent, et cette confusion occasionna la fameuse dispute des Cartésiens et des Leibniziens sur la mesure des forces. Mais ces deux conceptions distinctes ne proviennent que d'aspects différents d'une même chose et sont parfaitement équivalentes. La conception newtonienne a été généralement dominante. Mais au XIXe siècle on voit resurgir le courant parti de Huyghens, avec Poncelet, J.-R. Mayer et les énergétistes qui reconnaissent l'importance du concept de travail. Ainsi l'étude historique du développement de la science, « non seulement fait mieux comprendre son état actuel, mais en montrant qu'il est en partie conventionnel et accidentel, fait ressortir des possibilités nouvelles [1] ».

Après Newton aucun principe essentiellement nouveau n'a été posé. Ses successeurs ont surtout fixé les formules et les unités de la mécanique. Mach montre

1. Méc., 242-249.

comment l'étude des forces élastiques intérieures aux corps, celle des lois du choc, les théorèmes de la conservation de la quantité de mouvement, de d'Alembert, de Gauss, etc. se ramènent à des applications des principes de Newton[1].

Euler et Lagrange sont les créateurs d'une forme nouvelle de la mécanique : la *mécanique analytique*, c'est-à-dire « la mécanique par le calcul », qui s'applique à « condenser le plus possible de choses dans une seule formule ». La mécanique analytique, au lieu de déduire la démonstration des hypothèses à l'aide de constructions et de figures, cherche par voie algébrique « les conditions d'existence des théorèmes ». Mach en explique l'histoire et la signification, mais il ne s'attarde pas aussi volontiers sur ces derniers développements mathématiques que sur les débuts de la science, son but ayant été surtout « d'étudier la partie purement physique de la mécanique[2] ».

***

Le tableau du développement de la mécanique s'arrête donc à Lagrange. Comme on l'a vu, Mach ne s'est pas tenu à une méthode d'exposition uniforme. En effet il divise son sujet, tantôt par questions, — et nous apprenons alors les contributions successives des divers auteurs à chacune d'elles, — tantôt par auteurs, — dont il détaille les différents travaux. Il présente les théorèmes tantôt sous la forme où ils ont été inventés, tantôt sous leur forme actuelle. Sans schématisme rigide, il mêle ou combine l'ordre chronologique et l'ordre logique, au gré de son instinct pédagogique, et de manière à élucider toujours aussi parfaitement que possible les questions examinées. Par ses commentaires,

1. Méc. 180, 267 ss.
2. Méc. 435 ss., 418.

ses réflexions critiques, les comparaisons qu'il suggère, il intervient continuellement en personne au milieu de son exposé des faits.

Mach fait de nombreuses remarques sur la personnalité des grands investigateurs, et il y laisse plus d'une fois percer son émotion. « Il n'y a pas de spectacle plus grandiose et d'une plus haute portée esthétique, écrit-il, que celui que nous offre la puissante intellectualité des chercheurs qui ont posé les bases de la science. » Il admire la « parfaite sincérité d'esprit » d'un Huyghens, la puissance d'un Newton, la liberté et l'audace des savants du XVIIIe siècle. Un chapitre curieux, riche en anecdotes et en citations, intitulé « *Conceptions théologiques, animiques et mystiques dans la mécanique* » oppose le passé et le présent de la science. Les premiers théoriciens, chez qui la science est encore à demi dominée par des croyances religieuses et mêlée souvent d'étranges superstitions, contrastent avec ceux du XVIIIe siècle, les encyclopédistes et Laplace, qui entrevoient une explication purement physico-mécanique de la nature entière, à propos de laquelle Mach s'écrie :

> « Non seulement cette surestimation enthousiaste de la portée des conceptions acquises dans le XVIIIe siècle nous semble bien excusable, mais elle est vraiment pour nous un spectacle réconfortant, noble et élevé, et nous pouvons sympathiser du plus profond de notre cœur avec cette joie intellectuelle unique dans l'histoire[1]. »

Nonobstant cet enthousiasme, l'esprit critique ne perd pas ses droits, puisqu'un peu plus loin Mach nous met en garde contre la *mythologie mécanique*, qui depuis les encyclopédistes tend à remplacer la mythologie animique des anciennes religions.

1. Méc. 33, 148, 43.

B. — *L'idée d'économie*

A l'époque où Mach compose la *Mécanique*, la préoccupation profonde de sa pensée paraît être de dégager et d'exprimer clairement la conception de la science et de la recherche scientifique qui s'élaborait en lui depuis bien des années. Cette conception se résume, comme nous le savons déjà par quelques allusions, dans le terme d'*économie de la pensée*. Mach était maintenant en état de l'établir solidement. En effet la grande enquête historique à laquelle il s'est livré lui a fait connaître en détail les étapes successives de la science. Il a analysé en logicien la forme et le contenu des lois mécaniques. Et chemin faisant, il s'est appliqué en psychologue, à pénétrer la pensée des inventeurs et le mode de procéder de leur esprit, à saisir dans leurs œuvres, comme aussi par introspection dans sa propre conscience, ce qu'il appelle « la tactique du chercheur ».

Le grand physicien G. Kirchhoff avait déjà, dans sa *Mechanik* parue en 1874, soit neuf ans avant celle de Mach, défini la tâche de la mécanique comme étant « la description complète et la plus simple possible des mouvements qui se produisent dans la nature [1] ». A son tour Avenarius avait développé dans sa *Philosophie comme conception du monde selon le principe du moindre effort* (1877) des conceptions très voisines de celles de Mach. Aussi ce dernier prend soin de nous raconter l'origine de sa propre conception de l'économie de pensée.

« Cette idée se développa en moi, dit-il, par mes expériences professorales dans la pratique de l'enseignement. Je la possédais déjà lorsqu'en 1861 je commençai mes leçons comme privat-docent [2]. » Mais

1. G. Kirchhoff, *Vorlesungen über mathematische Physik, I. Mechanik.* Leipzig, P. 1.
2. Méc., 3, 460.

c'est en 1868 qu'il l'exposa pour la première fois publiquement dans une conférence sur les phénomènes que présentent les liquides visqueux, qui obéissent, comme on sait, à la *loi de la surface minima* [1].

« La science même, disait-il dans sa conclusion, n'est au fond pas autre chose qu'une affaire commerciale. Elle se donne pour tâche d'acquérir avec le moins de travail possible, dans le moins de temps possible et même avec le moins de pensée possible, le plus possible de vérité. »

En 1871, soit trois ans encore avant la publication de l'ouvrage de Kirchhoff, il écrivait : « Je suis d'avis que dans la science il s'agit principalement de commodité et d'épargne de la pensée. J'ai retrouvé cette conception particulièrement nette chez mon ami l'économiste E. Hermann. C'est de lui que je tiens cette formule qui me paraît très juste : La science a une tâche économique (Die Wissenschaft hat eine ökonomische oder wirthschaftliche Aufgabe) [2]. »

Est-ce à dire que cette idée soit la création propre de Mach, et (à part la formule due à Hermann) [3] ne lui ait été suggérée par personne ? Mach lui-même ne le prétend nullement. Il désire seulement que l'on sache qu'il ne la doit pas à Kirchhoff ou Avenarius, et même ne l'a empruntée consciemment à aucun autre auteur. Il écrit en effet en 1901 :

« Vers 1861 je croyais être le seul à avoir cette conception (de l'économie de la pensée), ce que l'on voudra bien trouver pardonnable. Mais aujourd'hui je suis au contraire convaincu

1. Les lames d'eau de savon qu'on fait adhérer à des cadres en fil de fer de formes variées, dessinent d'elles-mêmes des figures d'équilibre d'une symétrie merveilleuse, tendant toujours, en vertu des forces capillaires, à occuper la surface la plus petite possible. Pop., 1-16.
2. Erhalt. Arb., p. 55, n. 5, Pop., 223.
3. Il s'agit, d'ailleurs, d'une idée émise dans la conversation, car E. Hermann n'a rien publié sur ce sujet. Méc., 461.

qu'au moins un pressentiment de cette idée doit toujours avoir été commun à *tous* les investigateurs qui ont réfléchi sur *la recherche en général*... Ainsi je pourrais signaler comme économique le « leitmotiv » de simplicité et de beauté si frappant chez Copernic et chez Galilée. Newton...,Adam Smith... sont arrivés bien près de la pensée de l'économie dans la science. Plus récemment... Clifford, dans ses « Lectures and Essays » (1872), Kirchhoff... et Avenarius... l'ont exprimée de nouveau sous des formes diverses [1]. »

Enoncé par de grands esprits scientifiques d'une manière approximative avant Mach, puis plus précise en même temps que lui, l'idée était dans l'air, et il est probablement impossible d'assigner exactement les circonstances de son apparition dans l'esprit de notre auteur.

On pourrait toutefois se demander encore, à propos de la genèse de cette conception, si elle n'a pas été suggérée à Mach par une certaine catégorie de lois ou de problèmes de la physique, les problèmes de maximum et de minimum et ceux, analogues, d'isopérimètres, qui à première vue offrent certaine analogie avec le principe tout psychologique de l'économie. On connait le problème de la chaînette : pour déterminer la forme que prend une chaîne souple librement suspendue par ses extrémités, il faut chercher celle pour laquelle le centre de gravité descend *le plus bas possible*. On peut citer encore le problème de la brachystochrone, ou courbe que doit suivre un corps pesant pour glisser d'un point à un autre dans *le moins de temps* possible. Depuis Euler et Lagrange on met volontiers les théorèmes généraux de la mécanique sous la forme de théorèmes de maximum et de minimum. Maupertuis a énoncé le principe de la *moindre action*, Gauss celui de la *moindre contrainte*. Les phénomènes capillaires

1. Méc., 460, 461.

observent la loi de *moindre surface*. En optique, « Fermat a démontré que l'angle de réfraction du rayon lumineux est toujours tel que la lumière se meut suivant le chemin de *moindre durée* de parcours ». Partout se retrouve dans la nature inanimée comme une tendance au moindre effort, au minimum de dépense, à l'économie. La marche de la pensée de Mach étant, dans ses grandes lignes, inductive et allant, d'une manière générale, de la physique à la philosophie, n'aurait-il pas tout simplement appliqué analogiquement à l'activité de l'esprit une propriété des phénomènes physiques ?

Sans doute l'attention de Mach fut attirée de bonne heure par les lois et problèmes de minimum, et il fit le rapprochement, peut-être même, au début, la confusion dont nous parlons (voir sa conférence sur les phénomènes capillaires. Pop. 1-16) ; mais il sut enfin distinguer avec toute la netteté désirable deux choses qui sont au fond très différentes et ne fut nullement la dupe de quelque vague analogie verbale. C'est ce dont témoigne le passsage suivant. Il s'agit du trajet du rayon lumineux réfracté.

« Pourquoi la lumière suit-elle le chemin de durée minimum ? En faisant l'hypothèse de la sagesse du créateur, nous renonçons à tout examen ultérieur. Nous savons aujourd'hui que la lumière se meut par *tous* les chemins, mais que c'est seulement sur celui de moindre durée de parcours que les ondes lumineuses sont renforcées, en sorte que l'on puisse constater un résultat sensible. La lumière *semble* donc se propager suivant la ligne de moindre durée. Mais dès que le préjugé eût été abandonné on trouva à côté de preuves d'une prétendue économie de la nature, des cas de la plus étonnante prodigalité... Nous nous facilitons instinctivement la conception de la nature en lui attribuant les représentations économiques qui nous sont familières... Au lieu de parler de la tendance économique de la nature, il est

plus clair, en même temps que plus rigoureux et plus général, de dire qu'il n'arrive jamais que ce qui peut arriver, d'une seule manière, étant données telles forces et telles circonstances déterminées [1]. »

Revenant sur ce point dans un ouvrage ultérieur (en 1896), Mach a une phrase encore plus explicite :

« Il ne peut être question d'une économie dans les processus physiques, puisque entre ce qui arrive effectivement et autre chose, il n'y a pas de choix [2]. »

Ainsi il n'y a pas d'économie dans la nature. On ne peut attribuer une tendance à l'économie qu'aux activités de l'esprit humain, car celles-ci seules sont dirigées consciemment vers un but, par des agents distincts, disposant d'une pluralité de moyens, entre lesquels une comparaison est possible [3].

*
* *

Voici maintenant comment Mach développe sa conception de *l'économie dans la pensée scientifique :*

« Quand la pensée essaie, avec ses moyens limités, de refléter la vie du vaste monde, dont elle n'est elle-même qu'une petite partie, elle a toutes raisons d'user de ses forces avec économie... Les commencements modestes de la science nous révèlent quelle est son essence simple et immuable. L'homme acquiert pour la satisfaction de ses besoins matériels, à demi consciemment et involontairement, ses premières connaissances naturelles, en copiant et figurant instinctivement les faits dans sa pensée [4]. » « Cette *copie* est en effet plus maniable que l'expérience elle-même et peut sous bien des rapports lui être substituée [5]. » « Ces

1. Méc. 429, 430.
2. Wärmel. 393.
3. Ibid. 394.
4. Pop. 217, 220.
5. Méc. 449.

premières connaissances instinctives forment aujourd'hui encore la base la plus solide de toute la pensée scientifique. Elles nous apparaissent revêtues d'une autorité et d'une puissance logique que ne possèdent jamais les connaissances acquises volontairement. Tous les « axiomes » sont de ces connaissances instinctives [1]. » « La transition à une conception scientifique des phénomènes ne devient possible qu'après la formation de certaines professions spécialisées... Ainsi les commencements de la Statique portent visiblement le cachet de leur origine dans les expériences de l'ouvrier manuel... La science doit sa naissance à la nécessité de mettre les expériences sous une forme communicable et de les étendre au delà des limites du métier et de la pratique professionnelle... Cette *communication* oblige l'homme à une réflexion plus précise... et à se rendre compte clairement des traits essentiels de son expérience pour la décrire... Ce qu'on appelle l'enseignement a donc pour seul but d'épargner certaines expériences à un individu en lui transmettant celles d'un autre individu. Ce sont même les expériences de générations entières qui sont transmises aux générations suivantes par les livres accumulés dans les bibliothèques et qui leur sont ainsi épargnées [2]. »

Le *langage*, moyen de cette communication, est un merveilleux facteur d'épargne. Son procédé, comme celui de la pensée abstraite qui lui correspond, est de juxtaposer comme dans une mosaïque, des images figées de la réalité mouvante, en sacrifiant l'exactitude et la fidélité, mais en économisant les moyens et le travail. Après le langage naturel articulé, la langue écrite et surtout la terminologie scientifique, avec les

1. Pop. 221. Cf. ci-dessus, p. 68.
2. Méc. 11, 76, 449.

chiffres, les signes mathématiques, les symboles chimiques constituent une nouvelle étape de l'économie de pensée. « On ne peut guère mettre en doute que la science précisément réalisera un jour le beau rêve des philosophes : une langue abstraite universelle et internationale[1]. »

« La communication de la science comporte toujours la *description*, c'est-à-dire la reproduction économique d'une expérience dans la pensée... La description n'est possible que lorsqu'il s'agit de phénomènes qui se répètent continuellement ou qui tout au moins se composent de parties qui se reproduisent sans cesse. On ne peut décrire ou se représenter abstraitement que ce qui suit une *loi*... De là résulte la tâche de rechercher parmi la multiplicité des éléments des phénomènes naturels ceux qui sont de même nature... Il est impossible qu'une loi acquise par l'observation directe saisisse l'ensemble du fait dans son inépuisable complexité. Elle en donne plutôt une esquisse, elle le fait ressortir par un de ses côtés, celui qui est important pour le but technique et scientifique que l'on a en vue[2]. »

Les faits de lumière en fournissent un exemple : « Avons-nous saisi que le rayon lumineux se propage en ligne droite, aussitôt notre pensée se heurte à la réflexion et à la réfraction. A peine croyons-nous obtenir un indice de réfraction unique, que nous voyons qu'il en faut un particulier pour chaque couleur. Nous sommes-nous habitués à ce que la lumière ajoutée à la lumière augmente l'éclairement, nous remarquons tout à coup un cas d'extinction par interférence. Finalement on reconnaît partout dans l'immense variété des phénomènes lumineux, leur caractère commun de *périodicité* dans le temps et dans l'espace... Cet effort pour embrasser d'un seul regard toute une classe de faits avec la plus

1. Méc. 449. Pop. 222 ss.
2. Méc. 11, 77. Pop. 224.

petite dépense, et pour les reproduire en un acte de pensée unique, mérite à bon droit le nom d'*économique*[1]. »

« Lorsque l'on considère les détails de la science, son caractère d'économie apparaît davantage encore. Les sciences dites descriptives doivent presque se borner à la description de faits particuliers. Dans celles qui ont atteint un plus haut degré de développement, les règles de la reconstruction d'un grand nombre de faits peuvent être comprises dans une expression unique... Les *lois naturelles* ne sont pas autre chose que des *descriptions compréhensives*. »

« Si par exemple nous connaissons la valeur de l'accélération de la pesanteur et la loi de Galilée, nous possédons là une instruction simple et concise sur la manière de reproduire dans notre pensée tous les mouvements de chute qui pourront se présenter... Au lieu de noter un à un les divers cas de réfraction de la lumière, nous pouvons les reconstruire et les prévoir tous, lorsque nous connaissons la valeur des indices de réfraction des différents milieux transparents et la loi des sinus... La tendance à l'économie est ici évidente... L'avantage consiste à soulager la mémoire... Une telle loi ne contient rien de plus qu'un résumé compréhensif et condensé de faits... Dans la nature il n'existe d'ailleurs pas de loi de réfraction, mais seulement de multiples cas de ce phénomène. La loi de la réfraction est une *méthode de reconstruction* concise, résumée, faite à notre usage, et en outre uniquement relative au côté géométrique du phénomène » qui nous importe seul[2].

« L'économie de pensée est la plus développée dans la science qui a atteint le plus haut développement formel et que la physique prend si souvent comme auxiliaire, la *mathématique*. »

« La mathématique est une économie des nombres. Les nombres sont des signes d'ordre groupés en un

1. Pop. 225, 226.
2. Méc. 453. Pop. 224.

système d'une simplicité merveilleuse dans un but de concision et d'épargne... Toutes les opérations du calcul ont pour but d'épargner le dénombrement direct des objets... En nous servant de la table de Pythagore pour la multiplication d'un nombre de plusieurs chiffres, nous utilisons les résultats d'opérations numériques déjà effectuées, au lieu de les répéter chaque fois. Il en est de même dans l'emploi de la table de logarithmes... On retrouve la même tendance dans l'algèbre, où sont exposées, une fois pour toutes, les opérations de même forme, qui peuvent s'effectuer indépendamment de la valeur des nombres... Les signes de l'algèbre et de l'analyse ne sont que des symboles d'opérations à effectuer. Leur emploi « soulage la tête », épargne l'effort cérébral au profit des fonctions plus importantes et remet à la main la partie du travail qui ne consiste qu'en répétitions mécaniques... Le travail manuel du calculateur peut même être supprimé par l'emploi de machines à calculer... » De là l'impression, souvent éprouvée par le mathématicien, que « sa plume et son papier sont plus intelligents que lui ». Ce sentiment se justifie en quelque mesure si nous réfléchissons qu'un travail séculaire de la pensée est accumulé dans la science mathématique [1].

Le caractère d'économie est aussi très développé *dans la mécanique* parce que cette science « s'occupe des phénomènes décomposables en un petit nombre d'éléments tous évaluables numériquement : les espaces, les temps et les masses. Elle profite de toute l'économie des mathématiques antérieurement réalisée... Tous ses principes généraux épargnent la peine de réfléchir sur chaque cas particulier nouveau. » L'exposé du développement formel de la mécanique a assez montré que ses méthodes et ses concepts ont évolué

1. Méc. 454 ss. Pop. 226 ss.

dans le sens de la simplicité et de l'épargne de la pensée [1].

« *La physique* en général est de l'expérience coordonnée économiquement... Elle procède, comme la mathématique, par « descriptions compréhensives »... Toutes ses propositions et ses concepts sont des références abrégées, qui comprennent à leur tour d'autres références à des expériences coordonnées économiquement... Bien définis, les concepts physiques s'emboîtent les uns dans les autres sans que nous ayons la tête fatiguée. Leur signification peut en tout temps être restituée complètement et développée jusqu'à la parfaite clarté sensible. Que l'on songe à la masse d'idées, coordonnées et prêtes à l'usage, qui sont contenues par exemple dans le concept de potentiel [2]. »

Ainsi la puissance merveilleuse et souvent énigmatique de la science n'est que celle que procure une excellente économie (eine vortreffliche Wirtschaft). En principe « il n'existe pas de résultat scientifique qui n'eût pu être trouvé sans l'aide d'aucune méthode... en y mettant le temps suffisant. Mais il y a tel calcul mathématique que l'on exécute présentement en peu de minutes, et pour lequel, en procédant sans méthode, la vie entière d'un homme serait loin de suffire... La science peut être considérée comme un problème de minimum qui consiste à exposer des faits aussi parfaitement que possible avec la moindre dépense intellectuelle [3]. »

⁂

A ces considérations de Mach sur l'économie dans la science se rattachent directement celles sur les notions de cause et de substance, et la critique du mécanisme.

1. Méc. 443.
2. Pop. 228.
3. Méc. 457. Pop. 228, 229.

« Ce qu'on appelle *cause* et *effet* sont des circonstances d'une expérience que nous faisons arbitrairement ressortir, parce qu'elles nous paraissent importantes pour sa copie mentale. » On dit que les mêmes causes produisent les mêmes effets. « Mais il n'y a dans la nature ni causes, ni effets. La nature n'est présente qu'une fois. Les répétitions de cas semblables où A est toujours lié à B, c'est-à-dire les conséquences identiques de circonstances identiques, dans lesquelles consiste précisément l'essentiel de la relation de cause à effet, n'existent que dans l'abstraction que nous employons afin de copier les faits dans la pensée. Une chose nous est-elle devenue familière, nous n'éprouvons plus le besoin de mettre en évidence l'enchaînement de ses caractéristiques... et nous ne parlons plus de causes et d'effets [1]. »

Ainsi « nous nous représentons d'abord l'acide comme la cause qui fait rougir la teinture de tournesol; plus tard ce changement de couleur sera énuméré parmi les propriétés de l'acide [2] ».

« Il est vrai que la connexion de ces circonstances nous apparaît avec la marque de la nécessité... Mais dans cette liaison causale nécessaire, où Kant a vu un concept inné de l'entendement, il n'y a que l'assurance avec laquelle nous abordons les cas nouveaux, l'adresse (die fertige Erfahrung) avec laquelle nous les faisons rentrer dans la mosaïque mentale... Le sentiment de causalité n'a pas été acquis par l'individu, mais s'est formé au cours du développement de l'espèce. La cause et l'effet sont des abstractions dont le rôle est d'économiser le travail mental [3]. »

« Tous nos efforts pour refléter le monde dans notre

1. Méc. 451. Pop. 229, 230.
2. Méc. 452.
3. Méc. 452. Pop. 229, 230.

pensée seraient infructueux, si nous ne parvenions pas à trouver dans la diversité changeante quelque chose de permanent. C'est pourquoi on a toujours eu recours à la *notion de substance*, dont l'origine est la même que celle des idées modernes sur la conservation de l'énergie.

Les corps n'ont qu'une stabilité relative. Même un corps chimiquement simple se présente sous trois états différents, au moins. Si néanmoins nous l'appelons « le même », c'est à cause de la fixité de ses transformations. Il est donc commode de lui conserver le même *nom*. Mais « ce nom n'est rien de plus qu'un symbole abréviatif économique. Il ne serait qu'un vain son pour l'homme chez qui il n'éveillerait pas une série d'impressions coordonnées [1]. »

« Toutes les idées de conservation, ainsi que le concept de substance, ont leur fondement véritable dans l'économie de la pensée : Une variation isolée qui ne serait reliée à rien, sans point de comparaison fixe, est inconcevable et inimaginable. La question qui se pose est par conséquent de savoir quelle est la représentation qui se maintient durant la variation, quelle est la loi qui subsiste, l'équation qui reste vérifiée, la valeur qui reste constante [2]. »

Mach examine enfin à la lumière de cette conception de la science les *théories atomistes et mécanistes* de la nature. Il les combat par diverses raisons que l'on peut rattacher, d'une part à sa tendance empiriste générale (les faits sensibles et non les conceptions abstraites ont seuls de la valeur), d'autre part à sa conception économique de la science (une théorie n'a de valeur scientifique que si elle est aussi simple et commode que possible).

« Lorsqu'on explique les phénomènes chimiques,

1. Pop. 231, 233.
2. Méc. 473.

électriques, optiques par les théories atomiques, cette conception auxiliaire des atomes... a été construite dans ce but précis. Il est impossible de percevoir les atomes; comme toutes les substances, ils sont des abstractions... Certes les théories atomiques peuvent servir à grouper des séries de faits, mais elles n'ont que la fonction d'un modèle mathématique, et le savant qui s'est pénétré des règles posées par Newton, ne considérera ces théories que comme des *auxiliaires provisoires*, et s'efforcera de leur substituer une conception plus naturelle [1]. »

« Il n'existe *pas de phénomène purement mécanique*... Au mouvement sont dans la réalité toujours liées des variations thermiques, magnétiques et électriques qui, dans la mesure où elles se produisent, modifient le phénomène... Les phénomènes purement mécaniques sont donc des abstractions voulues dont le but est une plus grande facilité d'examen... En toute rigueur, tout phénomène appartient à toutes les branches de la physique qui n'ont été distinguées l'une de l'autre que pour des raisons conventionnelles, physiologiques ou historiques [2]. »

« L'opinion qui fait de la mécanique la base fondamentale de toutes les autres branches de la physique, et suivant laquelle tous les phénomènes physiques doivent recevoir une explication mécanique, est selon nous un préjugé. » Les phénomènes mécaniques ont été plus anciennement connus, c'est vrai, mais il nous est impossible de savoir quels sont les phénomènes physiques qui pénètrent *le plus au fond* des choses, ou de savoir si le phénomène mécanique n'est pas précisément le plus superficiel de tous, ou si tous ne sont pas d'une égale pénétration... La conception mécanique de la nature nous apparaît comme *une hypothèse*, peut-être

1. Méc., 459.
2. Méc., 465.

fort utile pour un temps, mais somme toute artificielle. Pour rester fidèle à la méthode qui a guidé les chercheurs les plus illustres,... nous devons limiter notre science physique à l'expression des *faits observables* sans construire des hypothèses *derrière* ces faits... Les hypothèses mécaniques ne peuvent entraîner aucune épargne proprement dite de la pensée scientifique. Même si une hypothèse mécanique suffisait à la description d'une classe de phénomènes, des phénomènes de chaleur par exemple, nous n'aurions en l'acceptant rien fait d'autre, que la substituer à la relation réelle qui existe entre les phénomènes de chaleur et de mouvement. Les faits fondamentaux sont remplacés par un nombre égal d'hypothèses, ce qui n'est évidemment pas un gain [1]. »

« Les notions abstraites de masse, force, atome, qui n'ont pas d'autre rôle que de rappeler des expériences systématisées dans un but d'économie, sont dotées par la plupart des savants d'une existence réelle en dehors de la pensée. Quand le géomètre veut comprendre la forme d'une courbe, il la décompose d'abord en éléments rectilignes. Mais il sait bien que ceux-ci ne sont qu'un moyen arbitraire et provisoire de saisir par fragments ce qui ne peut être saisi d'un seul coup. A-t-il trouvé la loi de la courbe, il ne pense plus à ses éléments. Ainsi il ne convient pas que la science naturelle... voie des réalités dans les molécules et les atomes, qu'elle mette une mythologie mécanique à la place de la mythologie animiste ou de la métaphysique et crée par là de prétendus problèmes [2]. »

***

En résumé et pour conclure, « notre science de la nature consiste dans la reproduction mentale des faits

1. Méc. 465, 468.
2. Méc. 476. Pop. 237.

ou dans leur expression quantitative abstraite. Les règles de cette reproduction sont les lois naturelles... qui sont des équations entre les éléments mesurables des phénomènes. La loi de causalité ne se fonde que sur l'intime conviction de la possibilité générale des règles de reconstruction; elle n'exprime que la dépendance réciproque des phénomènes [1]. »

Mach insiste sur le caractère de relativité et d'inachèvement de notre science. « La systématisation économique fait la force de la science, mais aussi sa faiblesse. On ne représente les faits simplement qu'en sacrifiant leur intégralité... La science ayant la mission de remplacer l'expérience doit, d'une part, rester toujours dans le domaine de l'expérience, et d'autre part en sortir, attendant toujours de celle-ci une confirmation ou une infirmation. Elle ne se meut jamais que sur le domaine de l'*expérience incomplète*. »

L'inadéquation entre la pensée et l'expérience demeurera donc; seulement elle diminue continuellement par le perfectionnement des procédés d'observation et de mesure.

« L'application de la science est liée, comme sa naissance même, à une grande stabilité de notre entourage... Avec de grands bouleversements dans les espaces célestes, nous perdrions notre système de coordonnées de temps et d'espace, qui sont à la base de notre physique [2]. »

2. — LE DARWINISME ET L'IDÉE D'ADAPTATION

Ces vingt premières années de l'activité scientifique de Mach que nous venons de parcourir, consacrées à des recherches de physique, de physiologie des sens et d'histoire de la mécanique, et à esquisser enfin une

1. Méc. 472.
2. Méc. 457. Pop. 236, 237.

théorie de la science, sont précisément celles où un vaste mouvement d'idées, un des plus importants dans l'histoire de la pensée humaine, parti d'Angleterre et du milieu des biologistes, gagnait tout le monde savant, agitait les esprits et étendait ses répercussions à tous les domaines des connaissances. On peut appeler ce mouvement *le darwinisme*, du nom de son célèbre protagoniste, et parce que c'est la publication retentissante de *L'Origine des espèces* en 1859 qui paraît en avoir donné le signal. Mais il faut rappeler que l'œuvre de *Spencer* — pour ne rien dire d'autres prédécesseurs — a joué un rôle presque aussi important dans la formation du courant nouveau [1].

Les deux théories darwinienne et spencérienne ont un fond commun : aussi leur influence s'exerça de concert, et elles ont été souvent confondues. Mais tandis que la doctrine *transformiste* de Darwin est une conception assez précise de l'histoire des formes végétales et animales, minutieusement appuyée sur des faits d'observation, la *philosophie évolutioniste* de Spencer est une vaste synthèse des résultats généraux des sciences de la nature et de l'esprit, dominée par un principe universel d'explication [2].

De la philosophie de Spencer, indiquons seulement quelques traits dont nous retrouverons la trace dans la pensée de Mach :

1. S'il s'agissait ici d'esquisser l'histoire de l'idée transformiste, il faudrait nommer au premier rang son véritable initiateur : LAMARCK. Mais son livre, paru en 1809, la *Philosophie zoologique* avait passé presque inaperçu. Il ne fut tiré de l'oubli que plus tard, une fois accomplie la révolution opérée par Spencer et Darwin. Il en fut de même de Saint-Hilaire, de Lyell et de quelques autres précurseurs dont Darwin ne fit que rénover les idées.

2. La publication des *Principles of psychology* de Spencer est de 1855. — Les *First Principles* et les *Principles of biology* parurent de 1862 à 1867. Mais la publicité des idées de Spencer en pays allemands est bien postérieure à celle de Darwin. Elle ne remonte qu'à 1875, date de la première traduction allemande de ses œuvres. Les ouvrages de Darwin au contraire furent traduits presque immédiatement.

Toutes les formes, disait Spencer, et toutes les fonctions de la vie se sont produites par des modifications graduelles et forment une chaîne évolutive continue. (L'évolution en général consiste dans l'intégration croissante de ce qui était d'abord incohérent et dans la différenciation de ce qui était homogène.) Il y a par exemple une parfaite continuité de transformation graduelle depuis la fonction élémentaire du protoplasma (l'irritabilité), les actes réflexes, l'instinct, jusqu'aux fonctions supérieures de la raison et du sentiment. La vie est un ajustement continuel des relations internes de l'organisme vivant aux relations externes du milieu physique. En passant par degrés des animaux inférieurs à l'homme, on voit cette adaptation de l'être à son milieu devenir toujours plus étendue, plus complexe et plus coordonnée. La vie psychologique, simple prolongement de la vie organique, est tout entière un phénomène d'adaptation. L'expérience est la source de toutes les idées. Les formes de la pensée dites « innées » ne sont telles que pour l'individu. Elles ont été acquises progressivement par l'expérience de l'espèce, et transmises par hérédité.

Quant à la thèse de Darwin, on peut la résumer comme suit :

De même que l'éleveur transforme les types d'animaux domestiques et de plantes et crée des variétés par sélection, c'est-à-dire en choisissant systématiquement pour la reproduction les individus qui présentent telle ou telle variation d'abord accidentelle, de même les espèces naturelles se sont formées et différenciées à partir d'un petit nombre de souches primitives par *sélection naturelle*. Celle-ci consiste dans l'accumulation progressive, au cours des générations et des siècles, des variations accidentelles qui se sont trouvées avantageuses aux individus dans la *concurrence vitale*. Car tout être vivant est engagé dans une lutte acharnée

pour son existence, contre les conditions du milieu physique et contre les autres organismes, lutte qui aboutit naturellement à la survivance des plus aptes, des mieux adaptés à leurs conditions particulières de vie, et à l'élimination des autres. Ainsi les espèces ne furent pas créées telles que nous les connaissons; elles ne sont pas immuables ; elles vont se perfectionnant, à moins qu'elles ne s'éteignent.

L'ouvrage de Darwin, bientôt traduit dans plusieurs langues, eut un retentissement et un succès énorme ; il souleva aussi de vives oppositions. En Allemagne il faut citer, parmi les partisans intempérants du transformisme, Haeckel et Büchner, qui s'en firent les propagateurs zélés, notamment par leurs tournées de conférences. Trouvant Darwin trop timide, ils firent de l'hypothèse transformiste une véritable doctrine. Ils en déduisirent les conséquences pour la biologie morphologique, pour toute l'histoire naturelle et surtout pour la question de la descendance animale de l'homme. Comme ils présentaient ce darwinisme radical, incorporé à leurs systèmes de philosophie matérialiste, comme l'Evangile des générations nouvelles, ils trouvèrent d'ardents contradicteurs, surtout parmi les théologiens et les moralistes.

Cependant Mach ne s'était occupé ni de botanique, ni de zoologie, il n'était proprement ni biologiste, ni métaphysicien, et encore moins prédicateur. Il ne fut pas mêlé aux grandes polémiques et resta d'abord à l'écart du mouvement. Avec le temps, sa pensée devait en être profondément influencée. Mais au début, il subit seulement l'entraînement général du milieu, pourrait-on dire. Car tout le monde, et les profanes même vinrent à s'occuper du transformisme. Nombre d'adeptes des idées nouvelles collectionnaient, souvent sans beaucoup de méthode, des faits de concurrence vitale et de sélection naturelle à l'appui de la théorie. On « faisait

du darwinisme » en amateur, et même dans les familles, témoin le passage suivant de Mach :

« Je veux rapporter, écrit-il, une observation particulière due à mon père, alors propriétaire foncier en Carinthie, et darwinien enthousiaste. Mon père s'occupait beaucoup de sériciculture, il élevait des vers à soie en liberté dans une chênaie. Le ver à soie ordinaire est un animal domestiqué depuis plusieurs siècles, aussi il est devenu extrêmement emprunté et dépendant. Quand vient l'époque du coconage, on a coutume de présenter aux vers des touffes de paille sur lesquelles ils fixent leur cocon. Mon père eut un jour l'idée de laisser une colonie de vers sans lui préparer les usuelles touffes de paille. La conséquence fut que la plupart périrent et qu'un petit nombre seulement, les « génies » (doués d'une plus grande faculté d'adaptation), firent leur cocon. Quant à savoir si, comme ma sœur croit l'avoir observé, les expériences d'une génération sont déjà mises à profit dans la suivante, ce point devrait sans doute être examiné de plus près[1]. »

Les idées de Spencer, reprises par Hering, dans un discours célèbre que Mach aime à citer, sur l'hérédité des instincts et la mémoire inconsciente de l'espèce[2], suscitaient aussi un vif intérêt. Voici à ce propos encore un récit de Mach :

« En automne 1873, mon petit garçon m'apporta un jeune moineau de quelques jours qui était tombé du nid, et il voulut l'élever. La chose n'était pas facile. On ne pouvait pas décider la petite bête à manger et si on l'avait nourrie de force, on n'aurait pas pu éviter de la blesser peut-être grièvement. Je fis alors la réflexion suivante : L'enfant nouveau-né serait immanquablement perdu (que la théorie de Darwin soit vraie ou non) s'il ne possédait pas des organes préformés pour téter, ainsi que l'instinct correspondant qui est

1. Anal. p. 63.
2. E. Hering, *Ueber das Gedächtniss*. — Vortrag gehalten. Mai 1870, in Wien. Leipzig, 1912.

mis en activité tout à fait automatiquement par l'excitation appropriée. Il doit exister quelque chose de semblable chez l'oiseau. Je m'efforçai donc de trouver l'excitation appropriée. Je fixai un petit insecte à la pointe d'un bâtonnet et je le fis tournoyer rapidement autour de la tête du moineau. Aussitôt l'oisillon ouvrit le bec, battit des ailes et avala goulûment la nourriture qui lui était offerte. J'avais donc trouvé l'excitation propre à déclancher l'instinct et le mouvement automatique. L'animal grossit peu à peu et son appétit augmenta ; il mangea bientôt seul et sans aide. A mesure que l'intelligence et la mémoire se développaient, l'action excitatrice était moins nécessaire. L'animal devenu indépendant prit peu à peu toutes les allures caractéristiques des moineaux, qu'il n'avait pourtant jamais apprises. De jour (quand les fonctions intellectuelles veillent), il était très confiant et gentil. Le soir, régulièrement il devenait craintif ; il cherchait toujours les endroits les plus élevés de la chambre et ne se tranquillisait que lorsqu'il était empêché par le plafond de monter plus haut. Encore une utile habitude héritée. S'approchait-on alors de lui, il hérissait ses plumes, commençait à souffler et donnait tous les signes de la terreur. Cela aussi s'explique tout à fait bien chez un être qui, dans les conditions normales, peut à chaque instant être dévoré par quelque monstre. Cette dernière observation me confirma dans mon opinion antérieure que la peur que mes enfants avaient des fantômes ne provenait pas des contes de nourrice, soigneusement évités, mais qu'elle était innée[1]... »

Le plaisir avec lequel Mach détaille ces historiettes, les commentaires en termes techniques dont il les accompagne, les conclusions qu'il en tire, tout cela montre bien à quel point les nouvelles théories préoccupaient alors les esprits.

Parfois aussi Mach causait darwinisme avec ses collègues de l'Université ou avec son ami l'ingénieur Popper. Ils comparaient la révolution opérée par Darwin

1. Anal. p. 61. Cf. Naturwissensch. Wochenschr. 23 avril 1916, p. 241 ss.

dans les sciences biologiques à celle de Galilée en physique. Ils considéraient que Darwin a mis en lumière une nouvelle propriété de la matière vivante: *sa plasticité*, qui est la combinaison d'une tendance conservatrice, l'hérédité, avec une tendance modificatrice, l'adaptation. La loi d'hérédité aurait ainsi une analogie avec la loi d'inertie en mécanique ou le mouvement uniforme, et l'adaptation ressemblerait à l'accélération produite par une force[1].

Cependant l'idée d'évolution avait été appliquée non seulement au champ immense de l'histoire naturelle, mais aussi à celui des sciences dites morales. Dans ses *Principes de psychologie* (1855), Spencer le premier avait dessiné à grands traits l'évolution de la vie mentale. Lorsque quelques années après, la doctrine de Darwin eût acquis son immense notoriété, l'influence mêlée des deux théories se fit sentir dans toutes les disciplines psychologiques et sociologiques. On entendit les historiens, les linguistes répéter aussi les mots du jour : hérédité, adaptation, sélection. Ils parlaient de lutte pour l'existence entre les mots, de concurrence vitale entre les idées et les institutions[2].

L'entraînement gagna Mach lui-même. Il réfléchissait précisément au problème de la définition de la science ; et il avait caractérisé par l'idée d'*économie de pensée* le but essentiel du travail scientifique. La théorie évolutioniste ne pouvait-elle éclairer à son tour cette question et apporter un enrichissement à cette définition ? Il lui parut en effet que l'idée de l'*adaptation graduelle* était particulièrement propre à expliquer « le processus par lequel la connaissance de la nature s'accroît et se transforme, tel que peut l'observer en lui-même tout homme qui étudie[3] ».

1. Pop. 247 n.
2. Pop. 248.
3. Pop. 249 et 250.

Dans un écrit de jeunesse, en 1866 déjà, il avait esquissé une conception transformiste de la pensée scientifique[1].

« Les idées ne se forment pas soudainement, écrit-il, elles ont besoin de temps pour... se développer, comme tous les êtres naturels... Lentement, progressivement, et péniblement une conception se transforme en une autre, comme il est probable qu'une espèce animale se continue en des espèces nouvelles. Plusieurs idées apparaissent en même temps ; elles combattent le combat pour l'existence tout comme l'ichthyosaure ou le cheval.

Un petit nombre demeure pour s'étendre rapidement sur tous les domaines du savoir, pour évoluer de nouveau, se diviser et recommencer la lutte. De même que certaines espèces vaincues qui appatiennent à une époque depuis longtemps révolue survivent encore dans des contrées reculées où elles n'ont pas pu être exterminées par leurs ennemis, nous voyons aussi subsister dans beaucoup de têtes des idées depuis longtemps dépassées. Quiconque s'observe de près doit reconnaître que les idées défendent leur existence avec autant d'acharnement que les animaux. Qui pourrait nier que mainte représentation surannée hante encore longtemps les recoins écartés de son cerveau, sans oser toutefois apparaître dans la pensée consciente ? Quel chercheur ignore que quand les idées se transforment, il a un très dur combat à soutenir avec lui-même ? »

Ces considérations sont encore un peu vagues, un peu littéraires. Mach le sentit lui-même car il reconnut plus tard que « les idées ne se comportent pas, quant à leur nature intime et sous tous les rapports, comme des êtres vivants distincts, et qu'il faut éviter ici toute comparaison forcée[2] ».

C'est en 1883 que, dans un discours prononcé à l'occasion de son entrée en fonctions, comme recteur de

1. Pop. 59-77.
2. Pop. 249.

l'Université de Prague, Mach expose une conception plus achevée « *de la transformation et de l'adaptation dans la pensée scientifique* ».

Quelle différence y a-t-il entre l'ignorant et l'homme qui sait? se demande-t-il. « Un sauvage... placé devant quelque produit de notre civilisation technique reste interdit et ne le comprend pas, ou l'explique par des esprits... Une locomotive, par exemple, est pour lui un animal monstrueux... le calcul arithmétique un procédé plein de mystères... C'est que le cours de ses idées ne correspond pas au cours des choses... L'homme civilisé au contraire... ressent en pensée, l'échauffement de l'eau dans la chaudière, la pression croissante qui pousse le piston, etc. Les procédés du calcul sont un appui pour sa pensée. Ses représentations suivent les phénomènes... il pense les choses comme elles sont[1]. »

« Lorsque nous nous mouvons dans un certain cercle de faits qui se répètent uniformément, nos pensées s'adaptent bientôt à l'entourage, de telle manière qu'elles le copient involontairement. » Et si nous n'avons observé qu'à moitié certains faits, notre pensée les complète aussitôt, comme poussée par une force étrangère. C'est ainsi que nous pouvons faire des prédictions, mais celles-ci ne sont pas nécessairement justes. « Il y en a toujours d'erronées, seulement dans les domaines où règne une grande stabilité, comme par exemple en astronomie, les erreurs sont très petites... Notre confiance dans cette puissance mystérieuse qui a nom *causalité* ... chancelle lorsque nous abordons un champ d'expérience nouveau. S'agit-il par exemple des actions réciproques si singulières qu'exercent les courants électriques et les aimants,... nous sentons notre don de prophétie nous abandonner[2]. »

1. Pop. 250, 251.
2. Ibid. 251, 252.

« Qu'arrive-t-il donc quand le champ d'expérience auquel notre pensée est adaptée s'élargit? Nous savons que les corps lourds... tombent, et qu'un corps plus lourd peut en s'abaissant, en élever un plus léger. Mais voici qu'un corps plus léger, grâce à un levier, en élève un plus lourd. Il se produit alors un désaccord entre nos idées coutumières et les faits.» La question « pourquoi ?» apparaît; un *problème* se pose. «Il sera résolu par une réadaptation à une expérience nouvelle. » (Dans le cas particulier elle consistera à prendre en considération le chemin parcouru par les poids c'est-à-dire la notion du travail mécanique[1].)

« Le petit enfant... ne connaît pas de problème;... tout lui est nouveau, mais rien ne le surprend. »Le parfait «philistin» ne se pose pas non plus la question *pourquoi*, « mais l'homme qui a déjà une certaine somme d'habitudes mentales, et qui continue à percevoir du nouveau, a la tête pleine de problèmes. » Cependant la nouveauté, la merveille qui déconcerte la pensée et la fait chanceler, ne réside jamais dans le fait lui-même, mais toujours dans l'observateur, dont l'intelligence tend alors à transformer les idées, afin de réduire l'étonnement. La science, « ennemie naturelle du merveilleux », nous apporte un éclaircissement qui nous tranquillise, mais aussi une sorte de désenchantement[2].

On trouve un exemple de ce processus de transformation dans les théories successives sur la gravité. Au temps d'Aristote on distingue les corps lourds qui descendent et les corps légers (flamme, fumée) qui montent, car chacun « cherche son lieu propre ». Cependant mainte expérience contredisait cette conception. En considérant les corps lourds lancés vers le haut, Galilée en arrive à concevoir la gravité comme une *accéléra-*

1. Ibid. 253.
2. Cf. Méc. 345 : « Nous sommes désillusionnés mais notre conception est devenue parfaitement claire. »

tion constante. Enfin Newton considère les planètes aussi comme des corps lancés, et soumis à une accélération non pas constante, mais dépendante de la distance. La conception Newtonienne, adaptée à un ensemble immense de faits, diffère beaucoup de celle, bien plus étroite, de l'antiquité, « et pourtant dans *l'attraction* il y a encore quelque chose de la recherche du lieu... Les pensées les plus géniales ne tombent pas du ciel, mais ont des attaches avec celles qui les précédent[1]. »

« Ce processus d'adaptation, de transformation organique se poursuit continellement dans la science ; il n'a ni commencement... ni fin assignable. » La science est engagée dans une évolution où chaque création d'idée est l'œuvre spontanée de quelque génie[2].

« Les idées qu'une expérience ancienne a consacrées, rivalisent entre elles pour subsister et pour concourir à former des notions nouvelles. C'est sur ce processus que repose l'explication des phénomènes incompris au moyen d'*hypothèses*... Lorsque nous nous figurons les corps électrisés comme chargés de fluides qui s'attirent ou se repoussent... nous utilisons des représentations intuitives familières pour éviter d'en former de nouvelles... De même l'animal ne peut former des organes nouveaux pour chaque fonction nouvelle que le sort lui impartit, il doit se servir de ceux qu'il possède... Cette méthode n'est pas artificielle ; on crée des hypothèses tout à fait inconsciemment et dès l'enfance de la science. Elles ne deviennent nuisibles que lorsqu'on leur accorde plus de confiance qu'aux faits eux-mêmes, surestimant ainsi les idées acquises vis-à-vis de celles qui restent à acquérir[3]. »

« La recherche scientifique est une adaptation volon-

1. Pop. 255, 256.
2. Ibid. 257, 258.
3. Ibid. 258, 259

taire des pensées. Les méthodes de recherche énumérées par Stuart Mill se laissent ramener à la méthode fondamentale des *variations*... qui n'appartient d'ailleurs pas exclusivement à l'investigateur de la nature. L'historien, le philosophe, le juriste, le mathématicien, l'artiste développent aussi leur pensée en choisissant dans le riche trésor de leurs souvenirs certains faits... La méthode des variations rapproche les cas analogues qui comportent à la fois des éléments communs et des éléments différents. Ce n'est qu'en comparant différents cas de réfraction de la lumière avec angles d'incidence variés, que l'on peut mettre en évidence leur caractère commun, la constance de l'indice de réfraction. »

« Même si toute expérience sensible prenait fin subitement, les souvenirs se recontreraient encore diversement dans notre conscience et l'on verrait continuer, non plus l'adaptation des idées aux faits, mais l'adaptation des idées *les unes aux autres*, processus qui caractérise la *théorie*[1]. »

« Whewell a prétendu que le développement de la science est le produit de deux facteurs : les *idées* et les *observations*. Les idées, livrées à elles-mêmes, se perdent dans la spéculation ; d'autre part avec des observations seulement on ne peut pas faire une science organique. La question est de savoir adapter les idées préexistantes à des observations nouvelles. Si l'on se prête trop facilement à tous les faits nouveaux, on n'arrive à aucune conception ferme. Mais si l'on se tient avec trop de raideur aux conceptions acquises, l'observation est entravée. C'est dans une lutte, dans un compromis entre le jugement et le préjugé, si l'on peut ainsi parler, que notre savoir s'accroît[2]. »

1. Ibid., 259, 260.
2. Ibid. 261.

Les préjugés, c'est-à-dire les « jugements tout faits, appliqués sans autre examen aux cas nouveaux » sont d'une utilité immense. « De même que l'homme ne pourrait vivre s'il lui fallait maintenir continuellement par la volonté le fonctionnement de sa circulation et de sa digestion, de même nul ne pourrait subsister intellectuellement s'il était tenu de juger tout ce qui lui arrive, au lieu de se laisser guider généralement par ses préjugés. Le préjugé est une sorte de mouvement réflexe dans le domaine intellectuel [1]. »

« Ce transformisme mental (Gedankenumwandlung)... que nous percevons en nous-même immédiatement, fait partie de l'évolution générale de la vie, laquelle est une adaptation à un champ d'activité grandissant. La plante s'adapte à l'alternance des saisons... l'animal qui peut se déplacer agit déjà avec bien plus de liberté... Mais la main de l'homme atteint plus loin encore... En regardant seulement autour de nous, et par la lecture, nous participons à la vie, aux douleurs, au bonheur d'innombrables autres hommes... Notre moi s'en trouve élargi, mais l'importance de notre personne diminuée [2] ! »

1. Pop. 262.
2. Ibid. 74, 264.

CHAPITRE VII

ELABORATION D'UNE THÉORIE DE LA CONNAISSANCE L'*Analyse des sensations* ET LA « THÉORIE DES ÉLÉMENTS »

1885 (47 ans)

Le problème de la réalité. Première ébauche de théorie. L'empirisme dans la *Mécanique*. Helmholtz et l'analyse des sensations. Recherche de la sensation simple élémentaire. La conception unitaire du monde. Eléments du moi. Les propriétés et la chose. Le monde extérieur, notre corps et le moi. Physique et psychologie. Les représentations. Le plaisir et la douleur. Critique de l'unité du moi. La vie pratique et la théorie des éléments.

En poursuivant la biographie intellectuelle de Mach, nous avons déjà remarqué deux tendances qui semblent régir l'évolution de sa pensée.

Quant à la méthode, c'est une orientation générale inductive qui le fait s'élever constamment, bien qu'avec des retours et par à-coups successifs, des recherches scientifiques spéciales aux vues de plus en plus générales et philosophiques. Quant à l'objet, c'est une alternance d'intérêt et comme un jeu de bascule entre la physique et la psychologie.

Aussi après avoir développé, comme nous venons de le voir, des vues générales sur la nature de la science

physique, Mach retourne à la psychologie, et en même temps s'élève encore d'un degré dans la généralisation philosophique. L'ouvrage qu'il publie trois ans après *La Mécanique*, l'*Analyse des sensations*, expose les résultats de nouvelles études de psychophysiologie sensorielle, et les accompagne de considérations philosophiques qui constituent l'esquisse d'une théorie de la connaissance.

La science (physique) a pour tâche, nous disait Mach, de découvrir les relations de dépendance réciproque entre les éléments du monde sensible. Mais cela établi, il reste bien des choses à éclaircir. Que sont ces éléments, ces termes mis en relation ? De quoi, en dernière analyse, est fait le monde ou la réalité ? Et si l'on considère les phénomènes psychologiques, quel est à cet égard leur rapport avec les phénomènes physiques ? N'y aurait-il pas un point de vue commun qui permît d'embrasser l'une et l'autre science d'un seul regard ?

Il est clair que ces questions s'étaient posées depuis longtemps à l'esprit de Mach, mais il les avait ajournées pour des tâches professionnelles plus pressantes. Maintenant, après une vingtaine d'années d'enseignement et d'investigations scientifiques, qu'accompagnait toujours la réflexion critique, il veut enfin mettre au point et exposer clairement la philosophie sous-jacente qui guidait sa pensée. Mach a dépassé l'âge de quarante-cinq ans. N'est-il pas à un moment de la vie, celui de la plénitude des forces intellectuelles, où l'homme souvent a le loisir et le besoin de distraire sa pensée de son labeur ordinaire pour se recueillir en lui-même ? Alors le savant jette un regard en arrière sur ses travaux et s'il a l'esprit philosophique, prend une conscience nette de la *vision du monde*, du système d'idées générales qui lui est propre. Et cette vision du monde n'est souvent que l'épanouissement de quelque intuition originale de sa première jeunesse.

On n'a pas oublié la lecture précoce des *Prolégomènes* de Kant que Mach avait faite à quinze ans, l'impression profonde que ce livre produisit sur lui, la perplexité où la question de la « chose en soi » laissa cependant son jeune esprit, déjà plus positif que spéculatif, enfin sa réaction personnelle, vers dix-huit ans, sous la forme d'une sorte d'illumination spontanée, non sans analogie avec l'extase de certains mystiques, qui lui a révélé par intuition immédiate ses premières certitudes philosophiques (v. Ch. I).

« Par une belle journée d'été à la campagne, le monde y compris mon moi m'apparut une fois comme une seule masse cohérente de sensations, dont la connexion était seulement plus forte dans le moi. » Et il déclare que ce fut là « un moment déterminant pour l'ensemble de ses conceptions[1] ». Que signifie en effet ce petit événement intérieur ? Il suffit de généraliser la formule par laquelle il le décrit pour obtenir à peu près l'essence de sa future théorie de la connaissance :

L'ensemble des choses n'est pas double : monde et moi ; il est à la fois infiniment multiple (sensations), et simple (une seule masse cohérente). Si l'on peut cependant distinguer le monde et le moi, c'est seulement par une différence de degré, le degré de cohésion que les éléments constituants communs y présentent (la connexion des sensations plus forte dans le moi). D'ailleurs ce ne sont pas deux termes extérieurs l'un à l'autre, le moi est inclus dans le monde, il en fait partie.

Le développement, l'affermissement de cette conception fut naturellement l'œuvre de longues réflexions ultérieures. Mach n'en avait pas moins adopté, dès avant ses études universitaires, une attitude philosophique assez bien déterminée, stable et ferme. Ensuite au cours de sa carrière active de recherches scienti-

1. Anal. p. 24 n.

fiques et d'enseignement, il eut, dit-il, une longue et dure lutte à soutenir avant d'être en mesure de maintenir jusque dans les recherches spéciales le point de vue qu'il avait acquis. L'opinion idéaliste, en effet, s'accorde mal avec les études physiques. « Avec ce qu'il y a de vrai dans les théories physiques, on ingère nécessairement une dose considérable de fausse métaphysique, laquelle ne se sépare que très difficilement de ce qui est bon à conserver, et cela d'autant plus que ces théories sont plus couramment reçues. Les conceptions instinctives et traditionnelles surgissaient aussi de temps à autre avec beaucoup de force et se mettaient en travers du chemin. Ce n'est qu'*en m'occupant alternativement* de physique et de physiologie des sens, et grâce à des recherches d'histoire de la physique, que je suis arrivé à plus de fermeté dans mes vues [1]. »

Qu'est-ce, pour Mach, que cette fausse métaphysique, inhérente aux théories de la physique, et qu'il faut écarter ? Le livre de la *Mécanique* nous l'a montré : C'est par exemple la croyance que certains principes de la mécanique, celui du levier, celui des travaux virtuels, la loi d'inertie, etc. sont évidents *a priori*; c'est la croyance qu'il existe un temps et un espace absolus; que les concepts de masse ou de force représentent des objets réels, et enfin que les théories atomiques et mécanistes sont le dernier mot de la physique. Par son enquête historico-critique, Mach a trouvé au contraire : que les créateurs de la mécanique étaient surtout de grands observateurs; que les principes qu'ils ont établis sont d'origine empirique, exprimant seulement des expériences très élémentaires; qu'il ne saurait y avoir pour la science d'autre temps et d'autre espace que ceux que nous ressentons et qui sont *relatifs* à des

1. Anal. p. 24 n. « Scientia » 1910, XIV, p. 134.

repères perceptibles; que les concepts physiques ne sont que des moyens artificiels pour atteindre le but véritable : découvrir les relations de dépendance entre les données de l'observation sensible ; que les théories atomiques et mécanistes sont aussi des instruments pour schématiser le réel et nullement l'expression du réel. On peut dire que la pensée de Mach revient de toutes parts aux « données de l'observation sensible ». Or ces données, pour l'esprit *critique*, ce ne sont pas des corps, des choses matérielles. Mach n'a jamais perdu de vue cette assertion de Kant : le seul objet qui nous soit donné ce sont les perceptions de nos sens. Un corps n'est donc qu'un complexe de sensations (couleurs, volume, dureté). « Toute la nature est composée des éléments donnés par les sens. » «Voyons sans prévention les choses telles qu'elles sont : le monde consiste en couleurs, tons, chaleurs, pressions, espaces, temps... Saisir l'écoulement de ces éléments, d'une manière médiate ou immédiate, c'est le but propre de la science de la nature [1]. »

Mais voilà qui nous éloigne déjà sensiblement du kantisme. Mach a eu raison de dire : « J'ai eu une aventure singulière avec Kant : Son idéalisme critique fut, je le reconnais avec gratitude, le point de départ de toute ma pensée critique. Mais il me fut impossible de le conserver. Bien plus, je me suis très vite rapproché des idées de Berkeley qui sont contenues à l'état plus ou moins latent dans les écrits de Kant [2]. »

Ces idées de Berkeley (qu'on peut résumer dans la formule : *esse est percipi*) ou, si l'on veut, ce kantisme sans chose en soi, ni a priori, Mach ne l'a pas confronté seulement avec la physique, mais aussi avec la psychologie mathématique de Herbart et la Psychophysique

1. Méc. 450, Pop. 239.
2. Anal. 299.

de Fechner, qu'il apprit à connaître dès la fin de ses études universitaires. Mais il déclare que ces doctrines ne firent d'abord qu'augmenter son trouble, car elles lui « présentaient étroitement unis l'admissible et l'inadmissible[1] ». Peu à peu ces difficultés s'éclaircirent, à mesure que Mach se livrait lui-même à des recherches de physiologie des sens.

On se rappelle ses travaux sur la perception des longueurs et des angles, sur la perception de la cadence, sur les sensations de contraste lumineux, etc. Si la mesure mathématique des sensations se révéla une chimère, l'impulsion reçue de Fechner eut néanmoins pour effet d'habituer Mach à « observer ses sensations et en même temps leurs conditions dans le milieu[2]. »

Mach devint ensuite disciple de Helmholtz et de Hering. Or ce qu'il y a de plus remarquable dans l'œuvre psycho-physiologique de Helmholtz, c'est son analyse des phénomènes acoustiques et notamment la décomposition des bruits et sons musicaux en leurs éléments derniers (p. 25). Dans la partie *physique* de son étude, Helmholtz avait réalisé facilement la décomposition en vibrations régulières simples, du mouvement vibratoire complexe des corps élastiques émetteurs de bruits et de sons musicaux, cela aux moyen d'appareils résonnant par influence. De la partie *physiologique*, le point le plus important était l'hypothèse sur les fibres de Corti, d'après laquelle chaque sensation de son d'une hauteur distincte correspond à l'ébranlement de l'une des fibres minuscules de l'organe de Corti. Enfin dans la partie *psychologique*, Helmholtz avait le bonheur de réaliser aussi en toute rigueur la décomposition des bruits et sons en *tons* (le ton étant une sensation de son rigoureusement simple). Dans un grin-

1. « Scientia » 1910, 134.
2. Ibid.

cement ou bruit quelconque, pourvu qu'il persiste un temps suffisant, l'oreille attentive et exercée arrive à *entendre* divers sons de hauteurs différentes. Si l'on fait résonner durant plusieurs minutes la même note sur un harmonium, on finit par *entendre* distinctement et tour à tour le ton fondamental et les tons harmoniques supérieurs qui composent le son musical. La sensation acoustique *simple* n'était donc pas ici une abstraction, une construction de l'esprit, créée pour un besoin de symétrie et pour satisfaire au parallélisme physico-psychologique, c'était une donnée concrète de l'observation directe, et comme telle une réalité irrécusable[1].

Ce résultat dans le domaine acoustique était si frappant que Helmholtz s'efforça d'en obtenir l'analogue en optique avec les couleurs. Or l'analyse *physique* de la lumière est, elle aussi, très facile à réaliser au moyen du prisme de Newton, mais l'analyse *psychologique* se révèle impossible directement.

En effet, en mélangeant convenablement des faisceaux de lumières colorées fournis par des spectres solaires, on peut obtenir toutes les nuances de couleur que nous connaissons. Mais la nuance une fois formée, l'œil le plus exercé ne saurait reconnaître de quelles couleurs spectrales elle a été composée. Sous ce rapport l'œil se comporte tout autrement que l'oreille, qui peut distinguer isolément, avec un effort d'attention, chaque note composante d'un accord et même chaque harmonique d'une note.

Mais l'homme de science n'abandonne pas volontiers une hypothèse qui lui a valu déjà des succès. Helmholtz ne se laisse pas arrêter par la difficulté qu'il a reconnue. Il affirme qu'à défaut d'analyse directe, les faits du daltonisme, les phosphènes, les phénomènes d'épui-

1. HELMHOLTZ, *Théorie physiol. de la musique*, p. 291 ss., 298.

sement de la rétine, où des sensations de couleur se produisent sans lumière physique, constituent une sorte d'analyse indirecte, naturelle, physiologique des sensations de lumière colorée et montrent qu'elles sont effectivement *composées* d'un petit nombre de couleurs simples fondamentales : le rouge, le jaune et le bleu, selon les uns, le rouge, le vert et le violet selon d'autres. C'est d'ailleurs là-dessus qu'était fondée l'hypothèse physiologique de Young, que Helmholtz recommande comme « donnant une explication simple et rigoureuse de tous les phénomènes visuels relatifs aux couleurs ».

Ainsi les travaux de Helmholtz sur la psychophysiologie acoustique et optique sont construits sur la base de deux principes fondamentaux. Il n'y a pas seulement le principe bien connu du *parallélisme*, qui veut qu'à chaque détail ou particularité de la sensation corresponde un détail ou une particularité de l'excitant physique et du mécanisme de l'organe sensoriel. Mais il y a encore un principe d'*analyse des sensations*, qui veut que l'on considère toute sensation donnée comme une masse complexe, dont il faut rechercher par l'analyse introspective les derniers éléments constituants.

Mach qui avait étudié de près ces travaux de Helmholtz, s'était pénétré de leurs principes. Il les applique en toute rigueur dans ses propres recherches sur les sensations de mouvement (v. chap. V). En effet il vise à découvrir non seulement quel est l'organe spécifique de ces sensations, mais encore à déterminer les sensations élémentaires qui doivent les composer. Il déclare dans la conclusion de son étude, qu'il existe : « 1° Six sensations élémentaires d'accélération angulaire, correspondant aux six ampoules des canaux semi-circulaires opposées deux à deux. 2° Des sensations d'accélération progressive qui doivent être au moins six, par paires. 3° Des sensations de position ou d'équilibre dont nous ne savons rien pour le moment [1]. »

Il est bien obligé d'avouer que ces prétendues *sensations simples* composantes ne sont pas données par l'observation directe, mais il tient si fort à leur existence qu'il recourt pour les justifier (comme Helmholtz pour les couleurs simples) à une argumentation plus ou moins détournée.

« Nous ne ressentons pas ces éléments simples de sensation lors de nos mouvements, dit-il. Nous sentons une rotation autour de tel ou tel axe, dans telle ou telle direction, etc., mais les composantes simples avec leur direction et leur sens ne viennent pas à notre conscience. Il en est ici comme dans le domaine des couleurs. Il existe un nombre infini de longueurs d'onde de la lumière et de nuances colorées correspondantes, mais seulement trois sensations fondamentales de couleur selon la théorie de Young. De même il existe un nombre infini d'axes dans l'espace, autour desquels la rotation peut avoir lieu. Mais subjectivement il n'existe que trois axes fondamentaux avec les six sensations fondamentales de rotation qui leur correspondent. Mais tandis que les couleurs fondamentales de Young ont été seulement présumées jusqu'à présent et non démontrées, l'anatomie fait voir ici les organes de la sensation fondamentale, et sans doute on arrivera à exciter chaque organe isolément [2]. »

Le raisonnement est-il irréprochable? L'impossibilité de l'analyse proprement psychologique peut-elle être compensée par la réussite de l'analyse anatomique ? On peut en douter. Mais nous ne faisons pas ici la critique des conceptions de Mach, nous faisons leur histoire ; et il est intéressant de voir avec quelle force cette idée de la sensation simple élémentaire s'était

1. Bewegsempf. p. 112.
2. Bewegsempf. p. 112, cf. Erk. p. 12 n.

emparée de son esprit. Notre auteur continue en effet en ces termes :

« Il appartient à la science de poursuivre l'analyse des sensations en leurs éléments derniers. Elle réduit les couleurs en couleurs fondamentales, le bruit en sensations de son. Il est à présumer qu'une qualité sensible d'espèce particulière correspond à chacun des éléments que nous pouvons abstraire de nos sensations, comme la forme, le rythme, la durée, la distance, l'intensité d'un son, sa hauteur. Abstraire signifie discerner et faire ressortir (herausfühlen) des éléments communs dans des choses disparates. Ce que l'on isole ainsi doit exister dans chacune des choses que l'on compare et doit avoir une base réelle dans la sensation. »

« Quand nous connaîtrons ces derniers éléments sensibles et que nous serons peut-être en mesure de les produire isolément, il n'y aura pas de difficultés à les ressentir distinctement (herausfühlen) dans chaque perception, comme nous séparons maintenant sans peine la couleur de la forme, le ton musical simple du son ou du bruit. Alors l'âge de la psychologie exacte ne sera pas loin. Nous connaîtrons les processus partiels semblables dont se compose tout ce qui est psychique et qui se laisseront distinguer numériquement l'un de l'autre tout comme des processus physiques élémentaires [1]. »

Utopie, dira-t-on, ou du moins généralisation singulièrement hâtive que n'autorisaient pas les résultats très restreints positivement acquis, beau programme dont les immenses difficultés d'exécution sont simplement renvoyées à un avenir indéterminé ! Il n'importe. Nous voyons clairement maintenant comment la pensée de Mach, engagée à la fois dans les deux voies, de l'histoire critique de la physique et de la psychophysiologie helmholtzienne, les incline selon sa vision du monde, les fait converger pour aboutir à une idée qui lui est chère :

1. Bewegsempf. 114.

D'une part la nature physique « est composée des éléments donnés par les sens. Ce ne sont pas les choses, les objets, les corps, mais bien les couleurs, les tons, les pressions, les espaces, les durées (ce que nous appelons d'habitude les sensations) qui sont les véritables *éléments* du monde [1] ».

D'autre part tout ce qui est psychique se laisse ou se laissera décomposer en sensations élémentaires. Or ces éléments du monde intérieur et ceux du monde extérieur *sont les mêmes*; on les appelle ordinairement sensations.

C'est ainsi que Mach, professeur de physique et adonné à des recherches psychologiques, a trouvé, pour sa plus grande commodité intellectuelle, « un point de vue que l'on n'est pas obligé d'abandonner en passant de la physique à la psychologie ». C'est ainsi qu'il s'est formé « une conception unitaire du monde, seule compatible avec l'ordonnance d'un esprit sainement constitué [2] ».

Cependant la lutte n'était pas encore terminée. Cette théorie devait être développée et défendue. Le sens commun en effet ne saurait s'accommoder d'une doctrine qui tend à effacer toute différence de nature entre l'esprit et le corps ; il fallait la défendre contre ses objections toujours renaissantes. « Les conceptions instinctives traditionnelles surgissaient avec force et se mettaient en travers du chemin. » Il fallait les réfuter.

Pour montrer comment Mach s'y prend, je vais donner une abrégé du Chapitre premier de *l'Analyse des sensations* qui est intitulé *Avant-propos antimétaphysique*.

Il y a des couleurs, des tons, des chaleurs, des pressions, des espaces, des durées, etc. liés entre eux de

1. Méc. 450.
2 Anal. p. 24. n. Méc. p. 435.

diverses manières, auxquels des émotions (Stimmungen), des sentiments et des volitions sont attachés. Dans cet entrelacement, certaines liaisons sont plus constantes que d'autres. Il y a tout d'abord certains complexes de couleurs, de sons, de pressions, etc., liés en fonction d'espaces et de durées, qui se montrent relativement plus constants, reçoivent des noms particuliers et sont désignés comme des *corps*.

Ainsi ma table est tantôt plus éclairée, tantôt moins, elle peut être plus chaude ou plus froide. Elle peut avoir une tache, un pied peut se casser, elle peut être réparée morceau par morceau. Mais la fréquence plus grande, la prédominance de ce qui reste constant en regard de ce qui change incite à une économie de la représentation et de la désignation, mi-instinctive, mi-voulue, qui se manifeste dans la pensée et le langage ordinaire. Imaginée comme un ensemble unique, elle reçoit un seul nom. C'est ma table[1].

D'autre part le complexe de souvenirs, de dispositions affectives, de sentiments qui est lié à un corps particulier (mon organisme) et désigné comme *moi*, se montre aussi d'une constance relative. Je puis être occupé de telle ou telle chose, je puis être tranquille et gai ou irrité et maussade, il reste cependant assez de caractères constants pour reconnaître le moi comme identique à lui-même. Toutefois cette contance n'est qu'apparente et relative et consiste surtout dans la continuité et la lenteur des modifications. Les pensées d'hier sont reprises aujourd'hui. A l'état de veille l'entourage les rappelle sans cesse. Mais dans le rêve le moi peut être très flottant, ou dédoublé, ou même faire complètement défaut... Il ne peut guère y avoir de plus grandes différences entre les moi de différents hommes qu'il y en a dans un même homme

1. Anal. p. 1, 2.

au cours des années. Quand je me rappelle aujourd'hui ma première jeunesse, je devrais certainement considérer ce jeune garçon comme un autre (à part quelques points de détail), si la chaîne des souvenirs n'était là. Ainsi le moi n'est pas plus absolument constant que les corps, et ce que nous redoutons tant dans la mort, l'anéantissement de la constance, se produit déjà pendant la vie dans une assez large mesure.

Une première orientation une fois obtenue par la formation des concepts substantiels « corps », « moi » (matière, âme), nous considérons de plus près les variations de ces objets relativement constants. Alors les éléments du complexe commencent à apparaître comme des *propriétés*. Un fruit est doux, mais il peut aussi être amer. D'autres fruits peuvent être doux. Considérons sa couleur rouge, nous la retrouverons sur beaucoup de corps. Le voisinage de certains corps est agréable, celui d'autres désagréable. Ainsi différents complexes apparaissent peu à peu composés de parties communes. Le visible, l'audible, le tangible se séparent des corps. Le visible se résout en couleur et en forme. Parmi la diversité des couleurs quelques éléments en petit nombre, les couleurs fondamentales ressortent à leur tour. Les complexes se résolvent en éléments, c'est-à-dire en parties composantes ultimes que nous ne pouvons jusqu'à présent pas décomposer davantage[1].

L'homme a la faculté de déterminer arbitrairement son attitude. Tantôt détournant son attention des détails, il appréhende en un seul acte mental, sans l'analyser en ses éléments, et désigne par un seul nom tout ensemble stable. Tantôt il s'attache à isoler ses parties composantes. L'image vague d'un fond permanent, qui n'est pas sensiblement modifié par le détache-

1. Id. p. 2 à 4.

ment de l'une ou de l'autre de ses parties, prend alors une existence distincte. Parce qu'on peut ôter chaque élément, séparément sans que cette image cesse de représenter l'ensemble et d'être reconnue, on pense qu'on pourrait les ôter tous et qu'il subsisterait encore quelque chose. C'est ainsi que prend naissance d'une manière naturelle l'idée, d'abord prestigieuse, mais qui apparaît ensuite comme un monstre philosophique, d'une *chose en soi* inconnaissable et distincte de sa manifestation phénoménale [1].

La chose, le corps, la matière n'est rien en dehors de la connexion des éléments couleurs, sons, etc., en dehors de ce qu'on appelle ses *caractères*. Le prétendu problème philosophique de la chose *unique* avec ses caractères *multiples* provient de la méconnaissance du fait que les deux opérations (embrasser un ensemble et le disjoindre), bien que justifiées chacune en son temps et pour sa destination propre, ne peuvent pas être exécutées simultanément. L'animal et l'enfant, moins capables de déterminer leur attitude mentale, sont fréquemment victimes du conflit des deux points de vue. Ainsi le petit enfant qui ne reconnaît plus son père avec un chapeau, ou le chien qui est trompé par le nouvel habit de son maître. Mais pareille chose arrive à tout le monde, et aux philosophes eux-mêmes, preuve en soit le singulier problème en question.

Cependant on fait valoir un autre argument pour légitimer ce problème. Les couleurs, les sons, les odeurs des corps sont fugitives. Mais leur tangibilité subsiste comme un noyau plus stable, qui ne disparaît pas facilement et semble le support des propriétés plus fugaces qui y sont attachées. Par habitude on conserve ensuite l'idée d'un tel noyau, même après qu'on s'est rendu compte que voir, entendre, flairer, *et toucher*

1. Id. p. 5.

sont des actes de même nature. De plus le grand développement qu'a pris la physique mécanique fait attribuer aux qualités spatiales et temporelles une espèce de réalité supérieure à celle des couleurs, sons, odeurs. La liaison spatiale et temporelle des couleurs, sons, odeurs paraît plus réelle que ceux-ci eux-mêmes. Mais la physiologie des sens établit clairement que les espaces et les durées peuvent aussi bien que les sons être appelés sensations.

D'autres faux problèmes analogues sont relatifs au moi et au rapport des corps et du moi. En voici l'origine :

Un examen attentif montre que les éléments qui ont été statués sont tous de même nature. Toutefois distinguons-y provisoirement pour plus de clarté trois groupes. Désignons 1° par les lettres M E... (monde extérieur) les complexes de couleurs, sons, etc., ordinairement appelés corps ; 2° par N C... le complexe appelé notre corps qui fait partie des premiers, tout en s'en distinguant par certaines particularités; 3° par v s... le complexe des volitions, souvenirs, etc.

Ordinairement on oppose le complexe v s... N C... en tant que moi, au complexe M E... en tant que monde des corps. Mais parfois on conçoit les v s... comme moi et les N C... M E... comme monde matériel.

Au premier abord le groupe M E... apparaît indépendant du moi et en opposition avec lui. Mais cette indépendance est toute relative. Car beaucoup de modifications dans v s... se transmettent par N C... à M E. et inversement : par exemple quand certaines représentations vives déclanchent des mouvements volontaires, ou quand l'entourage détermine dans notre corps des changements perceptibles. N C... paraît donc plus fortement lié à v s... et aussi avec M E ... que ces deux derniers entre eux [1].

1. Id. p. 6, 7.

Je vois un corps pointu. Lorsque je touche sa pointe, lorsque je l'amène en contact avec mon corps, j'éprouve une piqûre. Je puis voir la pointe sans sentir la piqûre. Mais du moment que je sens la piqûre, je trouve la pointe contre ma peau. La pointe visible est donc un *noyau permanent* auquel la piqûre se joint selon les circonstances, comme quelque chose de fortuit. Vu la fréquence de cas analogues, on s'habitue finalement à regarder toutes les *propriétés* des corps comme des « actions », issues de noyaux permanents et communiquées au moi par l'intermédiaire de notre corps, et que nous nommons *sensations*. Mais de la sorte ces noyaux perdent tout contenu sensible et deviennent de simples symboles idéels. Il est vrai alors que le monde consiste seulement dans nos sensations. Mais aussi nous ne connaissons précisément que des sensations, et l'on voit qu'il est parfaitement oiseux et superflu d'admettre l'existence de ces noyaux, ainsi qu'une interaction de ceux-ci par laquelle les sensations seraient produites. Seul un *demi*-réalisme ou un demi-criticisme pourrait adopter cette manière de voir [1].

On a coutume d'englober dans le moi seulement ceux d'entre les éléments M E... qui altèrent plus fortement les v s...,comme une piqûre, une douleur. Mais on voit bientôt par des observations du genre de celle citée plus haut que le droit de faire rentrer dans le moi les éléments M E... ne s'arrête nulle part. Le moi peut donc être élargi jusqu'à embrasser finalement le monde entier. Car le moi n'est pas nettement délimité ; sa frontière peut être déplacée à volonté. Les difficultés métaphysiques ne viennent que de la méconnaissance de ce fait, et de ce qu'inconsciemment on veut en même temps resserrer et étendre cette limite.

Pour un observateur superficiel, le complexe v s...

1. Anal. p. 10.

semble consister en éléments beaucoup plus fugaces que M E... et N C... Les éléments dans ces derniers groupes paraissent plus stables et liés d'une manière constante (à des noyaux solides). Ainsi l'ancienne idée d'une opposition du corps et de l'esprit s'insinue volontiers à nouveau, en particulier lorsqu'on fait la réflexion suivante :

Le complexe M E... que nous avons désigné comme monde des corps comprend non seulement notre corps N C..., mais aussi les corps d'autres hommes (ou animaux) N' C'... N'' C''... auxquels nous supposons liés, par analogie avec le complexe v s..., des complexes semblables v' s'... v''s''... (leurs volitions, leurs souvenirs etc.). Tant que nous nous occupons du corps d'un autre homme N' C'..., nous nous trouvons dans un domaine qui nous est parfaitement familier et qui est partout accessible à nos sens. Mais dès que nous nous enquérons des sensations qui appartiennent au corps N' C'..., nous les surajoutons (wir denken sie hinzu). Non seulement le terrain sur lequel nous nous trouvons là nous est beaucoup moins familier, mais la manière dont nous y parvenons est relativement peu sûre. Nous avons l'impression de nous lancer dans un abîme. Et ce sentiment d'incertitude est une source abondante de faux problèmes [1].

Mais une autre voie nous est ouverte. Considérons tout d'abord la connexité mutuelle des éléments M E... sans prendre garde aux N C... (à notre corps). Toute recherche physique est de cette nature. Une bille blanche tombe sur une cloche : il se produit un son. La bille devient jaune devant la flamme de sodium, rouge devant la flamme de lithium. Les éléments M E... (bille, cloche, flamme, couleur, semblent ici liés seulement les uns aux autres, et indépendants de notre corps (N C...).

1. Id. 10-12.

Mais si je prends de la santonine, la bille devient aussi jaune. Si je pousse un peu de côté l'un de mes globes oculaires, je vois deux billes. Si je ferme les yeux tout à fait, il n'y a point de bille du tout. Si le nerf auditif est coupé, il n'y a point de son. Les éléments M E... ne sont donc pas liés seulement entre eux, mais aussi aux éléments N C... Les propriétés d'un seul et même corps apparaissent modifiées par notre corps et déterminées par lui. Mais où donc prendre ce *même corps*, qui apparait de diverses manières ? Tout ce qu'on peut dire c'est qu'à des N C... différents sont liés des M E... différents[1].

Tous les éléments M E... N C... ne forment qu'une seule masse cohérente, qui entre tout entière en mouvement si on la saisit par l'un quelconque de ses éléments. Seulement un trouble dans N C... porte beaucoup plus loin et plus profond que dans M E... Un aimant dans notre entourage n'influe que sur les masses de fer voisines, tandis que la résection d'un nerf met en branle le système entier des éléments. Cette relation suggère involontairement l'image d'une masse à demi consistante mais plus particulièrement cohérente en certains de ses points (le moi)[2].

Nous avons ainsi reconnu que les prétendues entités « corps », « moi » ne sont que des expédients pour notre orientation préalable, des synthétisations instinctives qui s'imposent avec une puissance irrésistible à cause de leur suprême importance pratique (pour saisir les corps, pour se préserver de la douleur, etc.). Pour l'intelligence qui est au service de la volonté, laquelle recherche le plaisir et fuit la douleur, il est de la plus haute importance de concevoir en une unité idéelle économique, — le moi —, les éléments qui sont le plus

1. Anal. 12, 7.
2. Id. 13, 14.

étroitement liés à la douleur et au plaisir. Mais dans les recherches théoriques plus hautes, où l'on ne vise aucun but pratique, mais seulement la connaissance pour elle-même, il nous faut abandonner ces entités comme insuffisantes, embarrassantes, insoutenables[1].

Dès lors nous ne trouvons plus ce fossé entre les sensations ou phénomènes et les corps ou les choses, entre le dehors et le dedans, entre le monde matériel et le monde spirituel. Il n'est plus question que de la connexité des éléments v s... M E... N C... entre eux et avec des éléments de même nature (temps et espace)[2].

De ce point de vue il ne subsiste pas non plus de fossé entre la recherche physique et la recherche psychologique. Une couleur est un objet physique du moment que nous considérons par exemple sa dépendance à l'égard de la source éclairante (ou à l'égard d'autres couleurs, des chaleurs, des distances, etc.). Mais si nous considérons sa dépendance à l'égard de la rétine (des éléments N C...), elle est un objet psychologique, une sensation. Ce qui différencie ces deux domaines, ce n'est pas la matière mais la direction de la recherche.

Lorsque de l'observation du corps d'autres hommes nous inférons leurs sensations, et pareillement lorsque nous étudions l'influence de notre propre corps sur nos sensations, nous devons compléter, par analogie, un fait observé. Et ce complètement, cette restitution s'exécute beaucoup plus sûrement et plus facilement quand elle concerne par exemple seulement le processus nerveux, quand donc elle se maintient dans le domaine physique plus familier, que quand elle s'étend au domaine psychologique, aux sensations et pensées d'autres hommes. A part cela il n'y a aucune différence essentielle.

Mon corps se distingue des autres corps d'hommes

1. Id. 11, 18.
2. Id. 13, 11.

par le fait que toute représentation de mouvement un peu vive y déclanche aussitôt un mouvement; que son contact détermine des changements plus frappants que celui des autres corps, et en outre, qu'il n'est visible qu'en partie (et notamment sans tête). Soient deux éléments A et B de mon champ visuel, dont j'observe la connexion mutuelle. Si B est à l'intérieur de la limite de mon corps, ou pour employer une expression frappante, si B « passe la peau », je quitte le domaine de la physique et j'entre dans celui de la physiologie ou de la psychologie. Au lieu du champ visuel, on peut considérer le champ tactile ou les champs de perception des autres sens et y appliquer un raisonnement semblable.

Examinons encore s'il y a une différence entre les groupes d'éléments désignés par M E... et par v s... (entre les sensations et leurs souvenirs). En fait quand nous voyons devant nous un arbre vert (A), ou quand nous nous rappelons l'arbre vert, quand nous nous le représentons (a), nous savons très bien distinguer ces deux cas. L'arbre représenté a une forme beaucoup moins déterminée, beaucoup plus variable, il est d'un vert plus pâle, plus fugace, et surtout il apparaît dans un autre champ. Un mouvement que nous *voulons* exécuter n'est jamais qu'un mouvement *représenté*, et apparaît dans un autre champ que le mouvement exécuté (lequel d'ailleurs se produit toujours quand la représentation devient assez vive).

Dire que les éléments A et a apparaissent dans des champs différents, c'est dire simplement, au fond, qu'ils sont liés chacun à des éléments différents. Les parties composantes de M E... et de v. s... sont les mêmes (couleurs, sons, espaces, durées, sensations de mouvement...), c'est seulement la nature de leurs liaisons qui diffère.

On a coutume de considérer la *douleur* et le *plaisir* comme différents des impressions des sens. Or non seulement les sensations tactiles, mais aussi toutes les

autres sensations peuvent se résoudre progressivement en douleur ou en plaisir. Aussi on peut à bon droit appeler la douleur et le plaisir des sensations. Seulement on ne les analyse pas aussi bien que les impressions des sens, et peut-être appartiennent-ils à un plus grand nombre d'organes. Tout ce qu'on appelle les « sentiments » est composé essentiellement de sensations de peine et de joie (douleur et plaisir), mais qui apparaissent estompées et obscures.

Ainsi les perceptions comme les représentations, la volonté, les sentiments, bref le monde intérieur et extérieur tout entier se compose d'un assez petit nombre d'éléments du même genre, en connexion tantôt flottante, tantôt plus ferme. On appelle ces éléments ordinairement sensations. Mais comme il y a déjà dans ce seul nom toute une théorie unilatérale, nous préférons parler tout simplement d'éléments, comme nous l'avons déjà fait. Toute recherche scientifique tend à découvrir les liaisons de ces éléments [1].

Si la connaissance des liaisons des éléments ne nous suffit pas, et si nous demandons : « *A qui est* cette connexion d'éléments ? *qui est-ce* qui éprouve ? », c'est que nous sommes victimes de la vieille habitude de subordonner chaque élément (chaque sensation) à un complexe *inanalysé*. Nous retombons ainsi sans nous en douter dans un point de vue ancien, inférieur et étroit.

Cette habitude de traiter le complexe-moi non analysé comme une unité indivisible s'est manifestée souvent dans la science de façon singulière. Par exemple par la question du siège de l'âme. Dans le corps humain on met à part tout d'abord le système nerveux comme étant le siège des sensations. Dans le système nerveux on choisit ensuite le cerveau comme approprié à ce rôle, et finalement pour sauvegarder la prétendue *unité* psy-

1. Ibid. 14-18.

chique, on s'enquiert encore d'*un point* dans le cerveau qui serait le siège de l'âme. Il est clair que des conceptions aussi grossières sont peu propres à orienter convenablement les recherches futures sur la corrélation du physique et du psychique.

Le fondement de l'« unité psychique » est probablement le fait que les différents organes faisant partie du système nerveux sont physiquement en connexion mutuelle et peuvent facilement être excités les uns par les autres. J'entendis une fois discuter sérieusement la question : Comment la perception d'un grand arbre peut-elle trouver place dans la petite tête d'un homme ? Bien que ce problème soit inexistant, la question fait sentir l'absurdité que l'on commet aisément en se représentant les sensations comme contenues spatialement dans le cerveau. S'agit-il des sensations d'un autre homme, elles n'ont naturellement rien du tout à faire dans mon espace optique ou physique ; je les postule (hinzudenken) et je me les représente liées causalement (ou plutôt fonctionnellement) mais non pas spatialement au cerveau de cet homme que j'observe ou que j'imagine. Et si je parle de mes sensations, elles ne sont pas contenues spatialement dans ma tête, mais plutôt ma tête partage avec elles un même champ spatial.

Que l'on n'insiste pas sur l'unité de la conscience. De même que l'opposition apparente du monde *réel* et du monde *perçu* repose sur une différence de points de vue, qu'à proprement parler il n'existe pas de fossé entre eux, ainsi le contenu à la fois varié et cohérent de la conscience n'est en rien plus difficile à comprendre que la diversité cohérente dans le monde[1].

Il a déjà été dit que parmi ce complexe d'éléments qui au fond est un, les corps et le moi ne se laissent

1. Id. p. 20-22.

pas délimiter d'une manière précise. Ce n'est pas le moi qui est primaire, mais ce sont les éléments (sensations) qui forment le moi. Je perçois du vert veut dire que l'élément *vert* se présente dans un certain complexe d'autres éléments (sensations, souvenirs). Quand *je* cesse de percevoir le vert, quand je meurs, les éléments ne se présentent plus dans leur groupement habituel : il n'y a rien de plus à dire. Ce n'est qu'une unité idéelle, économique pour la pensée (denkökonomisch) qui a cessé d'exister, et non une entité réelle. Le moi n'est ni invariable, ni déterminé, ni nettement délimité. Il n'a pas une certaine nature distincte et discernable de toute autre. Tous ses caractères varient déjà d'eux-mêmes dans la vie individuelle et l'individu recherche même leur changement. La continuité seule y importe. Mais la continuité n'est qu'un moyen de préparer et d'assurer le contenu du moi. C'est ce contenu et non le moi qui est la chose principale. Or il n'est pas limité à l'individu. Même après la mort de l'individu il y a jusqu'à de minimes souvenirs personnels qui subsistent chez d'autres individus. Les éléments de la conscience d'un individu sont liés fortement entre eux, mais faiblement et par intermittences avec ceux d'un autre individu. C'est pourquoi chacun croit ne connaître que lui-même et se considère comme une unité séparable et indépendante des autres. Mais il existe des réalités psychiques d'une valeur générale qui forcent ces limites de l'individu et qui — liées bien entendu de nouveau à des individus mais indépendantes de la personne par laquelle elles se sont développées — vivent d'une vie générale, impersonnelle, suprapersonnelle. Et c'est la plus haute joie de l'artiste, du savant, de l'inventeur, du réformateur social, de contribuer à cette vie-là.

Il est impossible de sauver le moi. Et c'est cette idée d'une part, et d'autre part la peur qu'elle inspire

qui conduit aux plus singulières absurdités religieuses, ascétiques et philosophiques, pessimistes ou optimistes. Mais à la longue on ne pourra plus méconnaître la vérité simple qui résulte de l'analyse psychologique. Alors on cessera d'attacher tant de prix au moi qui varie déjà si fréquemment pendant la vie individuelle, bien plus, qui dans le sommeil ou pendant la contemplation d'une idée, c'est-à-dire précisément dans les moments les plus heureux, peut faire complètement défaut. On renoncera alors volontiers à l'immortalité individuelle et on cessera de regarder l'accessoire comme plus précieux que le principal. On arrivera de la sorte à une conception de la vie plus libre et transfigurée, d'où seront bannis tout mépris pour le moi d'autrui et toute surestimation du moi propre[1].

En résumé ce ne sont pas les corps qui engendrent les sensations, mais des complexes de sensations qui forment les corps. Si les corps apparaissent au physicien comme le stable, le réel, et les éléments, au contraire, comme leur apparence fugitive et passagère, c'est qu'il ne remarque pas que tout corps n'est qu'un symbole mental pour un complexe d'éléments (complexe de sensations). Ce sont ces éléments qui constituent ici encore la réalité fondamentale dont il faut poursuivre l'étude par des recherches physico-physiologiques.

Cette manière de voir fait pénétrer la lumière et l'« économie » dans la physiologie et la physique et écarte les prétendus problèmes.

Le monde ne consiste donc pas en êtres énigmatiques qui, par interaction avec un autre être tout aussi énigmatique, le moi, engendreraient les « sensations », seules accessibles. Les couleurs, sons, espaces, temps,

1. Ibid. 18-20.

etc., sont pour le moment les éléments derniers dont nous avons à rechercher les liaisons données.

Nous ne pouvons pas nous laisser entraver dans cette investigation par des conceptions (corps, moi, matière, esprit), forgées en vue de buts pratiques, temporaires et limités. Il faut absolument que le point de vue traditionnel et instinctif cède la place à une conception plus libre, plus naturelle, en accord avec une expérience plus évoluée et qui s'élève au-dessus des besoins de la vie pratique.

La science résulte toujours d'un processus d'adaptation des idées à un champ déterminé de l'expérience. Quand ce champ s'élargit, les formes mentales jusqu'alors reçues peuvent ne plus suffire : un problème apparaît. Il faut une adaptation nouvelle pour le résoudre. Ainsi l'idée de corps facilite l'orientation du simple physicien sans le gêner. L'idée du moi fournit un point d'appui à l'homme qui poursuit des buts purement pratiques. Ce point de vue du réalisme naïf est un produit naturel qui s'est formé et conservé pendant un temps immense. En face de lui, tout ce que la philosophie a créé n'est qu'une production artificielle et éphémère. Nous adoptons nécessairement ce point de vue commun dans la majeure partie de notre vie. Mais lorsque la physique et la psychologie se développent et viennent en contact, les idées de chacune de ces sciences se montrent inadmissibles dans l'autre. De l'effort pour les adapter les unes aux autres naissent les théories atomiques et monadiques de toute espèce, qui cependant ne sauraient atteindre leur but. Au contraire, si nous envisageons les éléments, tels qu'ils ont été définis ci-dessus, comme *constitutifs du monde*, les problèmes paraissent écartés quant à l'essentiel et l'adaptation principale réalisée.

Sans donner cette conception pour une philosophie éternelle, on peut la maintenir présentement dans tous

les domaines de l'expérience. Avec moins de frais et plus économiquement qu'une autre, elle satisfait à l'ensemble du savoir actuel[1].

Par toute cette analyse, par sa négation du moi en tant que réalité distincte, Mach se rapproche finalement de Hume plus encore que de Berkeley. C'est ce qu'il a déclaré lui-même ; mais il dit n'avoir pas été influencé directement par Hume, dont il ne connaissait aucun écrit avant 1889.

« Par contre, ajoute-t-il, un contemporain de Hume, Lichtenberg peut avoir agi sur moi. Tout au moins je me souviens de la profonde impression que m'a laissée son *Cela pense*[2]. » Dans ses *Remarques philosophiques* Lichtenberg dit : « Nous prenons conscience de certaines représentations qui ne dépendent pas de nous ; d'autres, nous le croyons du moins, dépendaient de nous : où est la limite ? Nous connaissons uniquement l'existence de nos sensations, représentations et idées. On devrait dire : *Cela pense* ou *Il pense*, comme on dit : Il tonne. Dire *Cogito* est déjà trop, du moment qu'on le traduit par Je pense. C'est un besoin pratique qui fait admettre et postuler le Moi[3]. »

Parmi les influences qui ont pu agir sur Mach en l'affermissant dans son point de vue, il faut signaler encore Schopenhauer, qu'il avait lu attentivement ; on sait que pour Schopenhauer la distinction des individus est abolie dans l'unité du Vouloir-vivre universel.

Mais il est inutile de poursuivre trop loin cette recherche des influences ; mieux vaut considérer, avec Mach, « le point de vue *amétaphysique* comme un produit de l'évolution générale de la culture intellectuelle[4] ».

1. Id. p. 23-26.
2. Idées directrices, « Scientia » 1910, p. 134. Anal. 29, 396.
3. Anal. 23.
4. « Scientia » ibid.

CHAPITRE VIII

Nouveaux travaux sur les sensations
1883-1885 (45-47 ans)

1. La méthode dans l'étude des sens. — 2. Sensations visuelles d'espace : Forme et position, symétrie. Localisation et mouvements. Relation des sensations visuelles avec d'autres éléments psychiques. De la sensation à la représentation. Perception du relief et perspective. — 3. La sensation du temps. — 4. Les sensations de son.

1. — *La méthode dans l'étude des sens*

Ayant, comme on l'a vu, mis au point sa vision du monde et sa conception générale de la connaissance, Mach revient aux études plus spéciales de psycho-physiologie sensorielle et expose le résultat d'une nouvelle série de recherches sur les sensations visuelles, auditives, d'espace, de temps et de mouvement. Il y fait une application du principe d'*analyse des sensations* qu'il considère comme exprimant la tâche générale de la science.

On se rappelle qu'il avait débuté dans ce domaine vers 1860 sous l'impulsion des travaux de Fechner, puis de Helmholtz. Cette fois il déclare s'inspirer des travaux plus récents de Hering, dont l'œuvre demeure d'ailleurs bien dans la ligne de Helmholtz.

Mach fut particulièrement frappé de la manière dont

Hering a résolu deux problèmes caractéristiques : Le problème des sensations de couleur et celui de la notion d'espace visuel [1].

Hering corrige la théorie des couleurs de Young. Il admet que l'immense diversité des sensations de couleur se laisse ramener non à trois, mais à six sensations fondamentales, qui se groupent en trois couples de complémentaires : blanc-noir, rouge-vert, jaune-bleu, auxquelles correspondent dans la rétine trois processus chimiques spécifiques et leurs trois contraires. (Young admettait trois espèces de fibres nerveuses différentes.)

La lumière objective excite selon sa longueur d'onde l'un ou l'autre de ces processus dans diverses proportions. Le processus chimique du blanc appartiendrait en propre à la rétine ; c'est pourquoi quand deux faisceaux de couleurs spectrales complémentaires — rouge et vert, par exemple — sont superposés, comme ils tendent à produire deux processus antagonistes qui se neutralisent mutuellement, il ne subsiste que la sensation de blanc [2].

Quant à l'espace visuel, on admettait depuis Lotze et Helmholtz que sa notion est acquise empiriquement, qu'elle se construit petit à petit dans notre esprit avec les sensations musculaires qui correspondent aux mouvements des yeux. Mais « aussi longtemps que l'on se représentait que les douze petits muscles des yeux sont innervés chacun séparément, on ne pouvait comprendre le fait fondamental que l'espace optique se présente comme ayant trois dimensions ». Hering a trouvé une solution en montrant, conformément au principe du parallélisme, qu'« aux trois coordonnées de l'espace optique, les sensations de hauteur, de largeur et de profondeur, ne correspond aussi qu'une innervation

1. Anal. Préf. 1re édit.
2. Anal., p. 56.

triple, laquelle commande les mouvements à gauche ou à droite, l'élévation ou l'abaissement et enfin la convergence des deux yeux ».

Cette manière de concevoir les problèmes, l'élégance de ces solutions paraissent avoir beaucoup plu à Mach. Il en admire la clarté et la rigueur. « L'exposé de Hering, dit-il, jette un flot de lumière dans les profondeurs du processus psychologique de la vision [1]. »

Mach arrive ainsi à une notion tout à fait claire de la nature de ces recherches physiologiques, qu'il pratiquait d'ailleurs depuis une vingtaine d'années. De sa propre expérience, aussi bien que des travaux-modèles de Hering il dégage quelques principes de méthode ou, comme il les appelle, les « points de vue fondamentaux » (Hauptgesichtspunkte) qui doivent dominer l'étude des sens [2].

De ces cinq principes ou « points de vue », les deux premiers sont communs à toutes les recherches scientifiques de lois naturelles.

1° *Principe de stabilité ou de continuité.* — L'intelligence qui a acquis par adaptation l'habitude de lier deux choses A et B cherche à la maintenir même si les circonstances ont quelque peu changé. Partout où A se produit, on pense aussi à B.

2° *Principe de détermination ou différenciation suffisante.* — Toute variation dans la liaison de A et de B qui est assez grande pour qu'on la remarque cause une perturbation dans cette habitude, jusqu'à ce que celle-ci ait été suffisamment modifiée (déterminée ou différenciée) pour ne plus éprouver ce trouble. L'esprit n'est enfin satisfait que lorsqu'il se représente les deux choses A et B liées de telle manière qu'à chaque modification observée de l'une réponde une modification corrélative de l'autre.

1. Id. p. 139.
2. Id. p. 47.

Pour satisfaire à ces deux principes, il faut par exemple qu'à chaque angle d'incidence particulier d'un rayon lumineux sur du verre corresponde un angle de réfraction déterminé (par la loi de réfraction). Il faut aussi qu'à une même sensation quelconque S corresponde toujours et partout un même processus nerveux N et qu'à toute modification observable de S nous découvrions une modification corrélative de N.

Cela nous amène au principe directeur de l'étude des sensations :

3° *Principe de parallélisme* complet du psychique et du physique[1]. Quelle que soit la conception que l'on se fait du rapport entre les deux mondes physique et psychique, il conserve une valeur comme hypothèse de recherche.

Selon ce principe, partout où je perçois de l'espace, que ce soit par la vue, le toucher ou autrement, je devrai admettre l'existence d'un processus nerveux semblable dans tous ces différents cas. Pour toute sensation de temps je dois supposer un certain processus nerveux identique.

Deux mélodies différentes ont-elles même rythme, c'est qu'il y a, à côté des sensations sonores différentes dans les deux cas, une même sensation de temps avec des processus nerveux pareils.

Si je vois des formes semblables mais de couleurs différentes, je chercherai, à côté de sensations colorées différentes des sensations spatiales pareilles avec leurs processus nerveux correspondants pareils[2].

On constate une fois de plus que pour Mach le parallélisme est inséparable du principe d'analyse des sensations qui consiste à rechercher le dernier élément

1. On peut l'énoncer: A chaque particularité observable de la perception consciente doit correspondre une particularité du système nerveux.

2. Anal. p. 50-52.

isolable, même abstraitement, et qui exprime la tâche générale de la science (p. 114).

4° Le quatrième principe de Mach affirme que l'on doit appliquer à l'étude des organes des sens la théorie de l'*évolution*. Beaucoup de choses qui demeurent difficiles à comprendre si nous assimilons l'organe sensoriel à un instrument de physique au moyen duquel « l'âme » observerait, s'éclairent à la lumière de la théorie de l'évolution, si nous reconnaissons que l'organe sensoriel est un être vivant doué d'une mémoire distincte, d'habitudes particulières, qui doivent leur apparition à une longue évolution de l'espèce. « Une psychologie à tendance Spencer-Darwinienne, fondée sur l'évolutionisme, mais appuyée sur des recherches positives détaillées, promet des résultats plus riches que toutes les spéculations antérieures[1]. »

5° On ne devra donc pas repousser toute considération téléologique dans l'étude des sens. Mais il faut se garder de croire qu'une fonction est suffisamment expliquée quand on a reconnu qu'elle est nécessaire à l'existence de l'espèce. Il y a des espèces qui ont disparu. La conservation de l'espèce constitue en général seulement un précieux point de repère pour la recherche, mais nullement le but suprême et dernier de la Volonté qui, selon Schopenhauer, dirige l'évolution vitale[2].

1. *Ibid*. p. 58, 64. — Ici encore Mach trouve en Hering son précurseur. Le célèbre discours : *Sur la Mémoire* (*Ueber das Gedächtnis als allgemeine Funktion der organisierten Materie*) prononcé par Hering à Vienne en 1870, est une sorte de manifeste de la nouvelle Psychologie évolutioniste. Remarquant que ce sont certaines cellules du corps des parents qui deviennent le noyau des nouveaux individus, Hering en vient à faire presque coïncider les notions d'hérédité et de mémoire, cette dernière étant prise dans un sens très large qui déborde la vie psychique individuelle. Les études de Weismann sur l'hérédité qui venaient de paraître (1882-3) intéressèrent aussi vivement Mach.

2. MACH ignore les grands métaphysiciens postkantiens : Fichte, Schelling et Hegel dont il ne mentionne même pas une fois les noms. En revanche il fait plusieurs allusions à Schopenhauer et à son Volontarisme. Il pense qu'on peut entendre la *Volonté* de Schopenhauer dans un sens non métaphysique (Anal. 66, 67 n., 4 n. et 18).

2. — *Sensations visuelles d'espace*

Mach commence par des observations originales sur les sensations de forme. Faisons sur une feuille de papier un pâté d'encre au contour irrégulier et capricieux. Un autre pâté de forme *identique*, c'est-à-dire géométriquement superposable au premier, ne donnera à notre œil la même impression que si cette forme se présente dans la même *orientation* que la première. Sinon elles nous font une impression physiologique différente, et il faut une opération intellectuelle ou mécanique pour reconnaître la congruence géométrique[1].

De même ce qu'on appelle en géométrie la *similitude* de deux figures (proportionalité des côtés homologues) est surtout une affaire de l'entendement et non de la sensation. Deux figures géométriquement semblables n'apparaissent semblables *optiquement* que si elles sont orientées parallèlement. Nos sensations spatiales nous renseignent avant tout sur l'égalité ou l'inégalité des directions et secondairement sur l'égalité ou l'inégalité des dimensions.

S'agit-il de deux formes *symétriques* par rapport au plan médian de la tête de l'observateur (telles seraient les deux mains étalées à plat devant soi), la parenté des formes nous frappe immédiatement. Ainsi les enfants confondent facilement le **d** et le **b**. L'affinité de deux formes symétriques est beaucoup moins frappante si la symétrie a lieu par rapport à un axe horizontal (les lettres **d** et **q** ne sont jamais confondues), ou par rapport à un centre de rotation (le **p** et le **d**). La symétrie horizontale d'un paysage et de son image réfléchie dans un lac n'est pas ressentie, affirme Mach[2].

C'est que l'appareil musculaire moteur des yeux est

1. Anal. 87.
2. Id. p. 94.

lui-même symétrique par rapport au plan médian de la tête et seulement par rapport à ce plan. A des mouvements symétriques du regard sont liées des sensations spatiales pareilles ou presque pareilles. Par les yeux seuls, la distinction de la droite et de la gauche serait à peine possible. Mais la légère dissymétrie de notre corps tout entier, certaines habitudes motrices, commme celle d'écrire seulement de la main droite, modifient les sensations correspondantes et nous permettent de faire cette distinction[1].

C'est pour une raison semblable que nous ne confondons pas deux formes dont les points sont symétriques quant à leur distance de notre œil. Ainsi la matrice en creux d'un buste et le buste lui-même en relief ne sont nullement équivalents pour notre sensation.

Ce qui précède explique pourquoi la ligne droite, ou ligne de direction symétrique à elle-même, jouit d'un privilège esthétique, spécialement dans ses positions verticale et horizontale, les seules qui soient symétriques pour les deux yeux ; tandis que toute autre position est qualifiée d'oblique.

Mach fait encore quelques applications de ce principe de la symétrie médiane des yeux à l'ornamentique. Il remarque par exemple que, des vingt-quatre lettres majuscules de l'alphabet latin, le plus grand nombre, soit dix, sont symétriques verticalement, cinq sont symétriques horizontalement, trois ont la symétrie centrique (N S Z) et seulement six sont asymétriques (F G L P Q R)[2].

*
* *

La sensation de l'espace est liée à des processus de mouvement ; on ne le conteste plus. Mais comment faut-il concevoir cette relation ?

1. Id. p. 91. — Cette conception sera critiquée, chap. XI, p. 281.
2. Id. 94-99.

Considérons d'abord le *mouvement volontaire des yeux*, grâce auquel une même forme vient se peindre sur des endroits différents de la rétine. Si, fixant un point B, je viens à remarquer un point A situé au-dessus, j'élève mon regard jusqu'à A. Ce mouvement est susceptible de remplacer la sensation même de hauteur ; il lui est équivalent pour moi. Les oculistes savent qu'un patient atteint de paralysie partielle du muscle extérieur droit de l'œil, par exemple, lorsqu'il veut saisir un objet placé à sa droite, se trompe et va trop loin dans cette direction (Mach reproduit artificiellement l'expérience en plaçant un petit morceau de mastic sur le côté de son œil). C'est que le muscle paralysé a besoin d'une impulsion volontaire plus forte pour produire le mouvement convenable, et la simple *volonté de regarder à droite* détermine la sensation spatiale « à droite ». Mon œil que je *veux* tourner à droite sans *pouvoir* le faire peut être considéré comme un œil qui a été tourné volontairement à droite et qui est ramené en arrière (à gauche) par une force extérieure. Ainsi la volonté ou, si l'on veut, l'*innervation est la sensation spatiale elle-même* [1].

Considérons maintenant non plus les mouvements des yeux seuls, mais ceux que fait la tête ou le corps entier.

Si un homme tourne sur lui-même comme une toupie autour d'un axe vertical, vers la droite par exemple, ses yeux (même si les paupières sont fermées) exécutent régulièrement une rotation compensatrice en sens inverse (vers la gauche), coupée de brusques secousses qui ramènent rapidement les yeux vers la droite. Ce mouvement, dont les intermittences sont au nombre d'environ dix pour chaque tour complet, est un réflexe déclanché automatiquement par la rotation

1. Anal. 105-106.

du corps, et par l'intermédiaire du labyrinthe de l'oreille, organe percepteur de cette rotation (v. p. 61). C'est grâce à ce processus que les objets environnants, dont chacun pendant la durée d'une de ces intermittences demeure sur le même point de la rétine, nous paraissent conserver leur place dans l'espace, alors que notre tête ou notre corps tourne. C'est ainsi et grâce aussi à des sensations tactiles, que nous acquérons la notion, si importante pratiquement, de notre corps mobile dans un espace fixe, où nous ne perdons pas notre orientation même après bien des tours et détours.

En chemin de fer, ou en pensant seulement à un voyage, nous avons la sensation simple d'un mouvement de translation en avant, indépendamment de tout mouvement de nos jambes. Cela tient, pense Mach, au fait que la volonté de se mouvoir en avant, dont les extrémités tirent leurs excitations motrices, est de nature relativement simple [1].

L'observateur qui regarde quelque temps couler l'eau du haut d'un pont croit sentir tout à coup le pont et lui-même se mouvoir en sens inverse du courant, tandis que l'eau paraît en repos. Mach réalise un phénomène analogue par l'expérience suivante. Au-dessus et en travers d'un tapis roulant entraîné d'un mouvement uniforme, est tendu un fil fixe muni d'un nœud. Quand l'observateur immobile regarde les dessins du tapis, celui-ci lui paraît bien en mouvement. Mais quand il fixe le nœud du fil, il se croit entraîné lui-même avec le fil et tout le milieu environnant dans une translation contraire, tandis que le tapis lui paraît immobile.

Ce phénomène n'est pas purement optique, il con-

1. Id. p. 108-114.

siste en une sensation indéniable de mouvement du corps entier.

En voici l'explication : On sait que les objets en mouvement attirent sur eux le regard et l'attention. Si le regard les suit effectivement, ils paraissent en mouvement. Mais si l'œil reste en repos, fixé sur un point immobile, l'excitation motrice constante qu'il continue à recevoir des objets mus doit être compensée par un courant d'innervation s'écoulant constamment dans l'appareil oculomoteur, courant qui fait paraître mû en sens contraire tout objet immobile que l'on fixe volontairement comme pour le suivre du regard.

Quand je marche en avant, mes jambes exécutent leurs oscillations et des images rétiniennes défilent. Tout cela est introduit par un seul acte simple de volonté qui ne se distingue pas de la sensation même de translation en avant.

Si la vue et le sens musculaire concourent à nous informer sur notre position et les déplacements de notre corps, l'organe spécifique des sensations de mouvement est bien l'appareil des canaux semi-circulaires et des otolithes de l'oreille interne. Mach relève avec satisfaction que sa théorie exposée dix ans auparavant (v. chap. V) s'est trouvée confirmée par les travaux de plusieurs physiologistes notoires, entre autres William James[1].

Pour comprendre sous un seul point de vue l'ensemble de ces phénomènes de mouvement, Mach propose l'hypothèse physiologique suivante :

Nous possédons un organe terminal O T (les canaux semi-circulaires) grâce auquel nous avons l'impression des déplacements. Mais O T n'excite pas directement cette sensation; il innerve les appareils oculomoteur et locomoteurs du corps, cela par l'intermédiaire soit

1. Id. p. 117-122.

d'un organe V (action volontaire ressentie directement), soit d'un organe I (action involontaire et inconsciente). Lorsque le mouvement des yeux ou du corps est passif, O T déclanche (par I) des mouvements réflexes compensateurs, et aucune sensation ne se produit. Mais si V intervient et réprime le mouvement compensateur, une autre innervation (la même que pour le mouvement volontaire) est nécessaire, et elle procure une sensation de mouvement... Figurons-nous par exemple trois animaux V, I et O T qui se seraient partagé le travail de telle sorte que V n'exécute que les mouvements d'attaque, I les mouvements de défense ou de fuite, tandis que O T s'établit sentinelle. Supposons-les réunis en un nouvel être dans lequel V prendrait une situation dominante : cela répondrait à peu près à la relation décrite.

L'effort de Mach tend dans toute cette étude à « réduire toutes les sensations d'espace et de mouvement des sens visuel et tactile... à une qualité de sensation unique. L'hypothèse que cette qualité soit *la volonté*, en tant qu'elle se rapporte à la situation et au mouvement dans l'espace, ou l'innervation, ne porte aucun préjudice à la recherche subséquente et ne fait que rendre compte des faits connus jusqu'ici[1] ».

***

Les sensations visuelles ne se produisent pas isolément dans la conscience. Des souvenirs d'autres sensations viennent s'y adjoindre et s'y opposer, pour déterminer avec elles le déclanchement de la réaction vitale appropriée. C'est en cela que consiste la fonction de l'intellect[2].

Sur un tableau noir que je regarde, je puis facilement *me représenter* un hexagone tracé en blanc, ou bien une

1. Id. p. 136-7. Cette conception sera critiquée au chap. XI.
2. Id. p. 160.

figure colorée quelconque. Mais je distingue toujours ce que je vois de ce que je me représente. Et lorsque je passe à la représentation, je sens mon attention se détourner de l'œil et se diriger quelque part ailleurs, comme dans une quatrième coordonnée. Il semble que la représentation soit délogée par une sensation actuelle dissemblable, et qu'elle la déloge à son tour. On trouvera sans doute une explication physiologique de ce fait.

Toutes les parties de l'organisme sont en relations mutuelles. Les hémisphères cérébraux sont l'organe des représentations parce qu'ils centralisent les énergies spécifiques des différents sens. Mais les parties d'un même organe sont liées de même les unes aux autres. Ainsi les deux rétines réagissent sympathiquement l'une sur l'autre. Les organes des sens ont chacun ses habitudes de vie et sa mémoire particulière. Les formes plus ou moins étranges que l'on voit dans l'état de demi-veille (fantasmes), et les hallucinations sont des phénomènes d'activité spontanée des sens. Une excitation extérieure faible, la demi-obscurité, favorise les hallucinations visuelles. Léonard de Vinci recommandait déjà aux peintres de contempler des murs grisâtres ou vaguement tachetés pour y voir apparaître des paysages ou des figures fantastiques[1].

*
* *

Nos yeux ne nous font pas voir seulement des images optiques : formes, couleurs, lumières et ombres ; ils nous font percevoir *des corps* dans l'espace. Les différences de luminosité déterminent des sensations de profondeur et de relief qui nous aident à modeler les corps. Quelques expériences instituées par Mach montrent qu'il y a entre les sensations de luminosité et celle de profondeur une relation (analogue à la conservation

1. Id. p. 163-9.

de l'énergie) telle, que le contraste des lumières et des ombres paraît s'atténuer dans la mesure même où il produit un effet de relief.

Un dessin peut prendre un tout autre aspect selon que l'on considère telle de ses parties comme « l'objet » et telle autre comme le « fond », ou réciproquement. C'est le principe des tableaux magiques où un personnage par exemple apparaît tout à coup parmi le branchage d'un arbre[1].

La forme réelle des objets vus en perspective, même avec un seul œil, est restituée par une habitude de l'organe, selon un principe de vraisemblance et d'économie. Ainsi nous interprétons comme étant une droite dans l'espace toute image perspective se présentant comme une droite. Et pourtant cette image pourrait correspondre à un grand nombre de courbes (toutes les courbes d'un plan passant par le centre de l'œil). Toutefois ce cas est relativement rare, tandis qu'une droite dans l'espace se présente toujours comme une droite sur la rétine.

La droite se distingue par l'égalité de direction de tous ses éléments. A chaque point d'une droite dans l'espace correspond une sensation de profondeur qui est la moyenne exacte entre celles des points voisins. On peut dire que la droite est la ligne que l'on voit avec le moins d'effort. De là sa valeur esthétique. On peut justifier par des considérations analogues l'impression esthétique du plan, du cercle, de la sphère, etc.[2]

Mach rappelle que certaines figures planes, parallélogrammes, trapèzes, etc., nous apparaissent assez facilement en perspective, semblant s'étendre dans la profondeur, et que cette perspective peut quelquefois s'inverser à volonté. Avec un peu d'exercice on peut

1. Id. p. 170-173.
2. Id. p. 174.

même arriver à faire inverser la position perspective d'un corps transparent (un cube en verre par exemple), ce qui produit des effets fort curieux. Une figure plane articulée en fil de fer, dont on fait varier les angles, apparaît comme un corps à trois dimensions qui tourne [1].

Pour expliquer ces phénomènes, on pourrait invoquer notre habitude d'avoir affaire à des corps solides, occupant un volume dans l'espace. Nous vivons continuellement entourés de solides en mouvement. Sans leur aide nous ne saurions parvenir à la notion de l'espace géométrique. En outre nous ne remarquons généralement pas les positions des différents points d'un corps dans l'espace (corps vu en perspective), mais nous le saisissons sans plus dans ses vraies dimensions. De là la difficulté qu'éprouve le novice à esquisser correctement une vue perspective. Les enfants qui naturellement *voient* les objets dans leurs vraies dimensions ne peuvent s'accommoder des raccourcis de la perspective et sont beaucoup plus satisfaits d'un simple contour, d'une silhouette. Au contraire pour discerner les profondeurs il faut un acte d'analyse volontaire. Notre prédilection à voir des solides avec leurs points principaux séparés par des distances fixes est probablement une habitude héréditaire de l'organe visuel [2].

3.— *La sensation de temps*

Tandis que certaines sensations sont accompagnées d'une sensation d'espace, et d'autres ne le sont pas, la sensation de temps accompagne toute autre sensation et ne peut être complètement détachée d'aucune [3].

Mais peut-on parler d'une sensation spécifique de

1. Id. p. 180 ss.
2. Id. p. 189-190.
3. Id. p. 200.

temps ? Mach l'affirme avec insistance. On reconnaît immédiatement la parité du rythme de deux mélodies complètement différentes. Ce n'est pas là une affaire de l'entendement ou de la réflexion, mais bien de la sensation.

Lorsqu'on entend une succession de coups de cloche pareils, on distingue le premier, le second, etc. Comment cela ? Tandis que je pense à autre chose, l'heure sonne. Après qu'elle a sonné, j'y porte mon attention, et un, deux, trois, quatre coups surgissent distinctement dans mon souvenir. Comment ? Seraient-ils fixés sur quelque arrière-fond d'autres sensations fortuites ? Mach le nie et admet que chaque coup est lié à une sensation particulière de temps.

La sensation de temps est en connexion avec l'usure (Konsumtion) organique qui est nécessairement liée à la conscience. Nous ressentons comme temps le *travail de l'attention*. Pendant des efforts de l'attention, le temps nous paraît long ; pendant une occupation facile, il paraît court. Dans l'état de torpeur où nous remarquons à peine ce qui nous entoure, les heures s'envolent rapidement. Enfin quand notre attention est tout à fait épuisée, nous dormons. Dans le sommeil sans rêves, la sensation du temps fait défaut. Comme l'attention ne peut se porter à la fois sur deux organes sensoriels différents excités simultanément, leurs sensations ne peuvent coïncider absolument avec un même point du travail de l'attention ; l'une doit apparaître *ultérieure* à l'autre. Le chirurgien qui ouvre une artère voit parfois d'abord le sang jaillir et ensuite le bistouri s'enfoncer (« illusion du chirurgien », étudiée par Fechner, *Psychophysik*, II, p. 433). Lors d'expériences sur les explosions, comme Mach travaillait dans une chambre voisine du laboratoire, il tressaillait régulièrement *avant* de percevoir par l'ouïe la détonation. C'est qu'un objet fixé par l'attention tend à apparaître avant

un objet perçu indirectement, même s'il lui est légèrement ultérieur. Mach rappelle aussi les bizarreries et anachronismes bien connus qui se produisent dans le rêve et il relate ses propres observations. Un trait essentiel du rêve est le relâchement de l'association, le désordre chronologique. C'est que pendant le sommeil l'usure nerveuse cesse et qu'un travail de reconstitution la remplace [1].

Si la sensation de temps est liée à l'usure organique et au travail de l'attention qui, à l'état de veille, vont toujours croissant, on comprend pourquoi le temps physiologique est, comme le temps physique, irréversible, et s'écoule toujours dans le même sens. C'est pourquoi il n'existe pas de rythme qui serait le renversement symétrique d'un autre rythme. On pourrait se représenter l'organe de la conscience comme adapté en quelque sorte à *toutes* les énergies spécifiques dont chaque organe sensoriel ne peut produire que quelques-unes. De là sa capacité à servir de pont entre les diverses sensations et les souvenirs. Mais il faut admettre encore qu'une énergie spéciale, la sensation de temps, est liée à chacune des énergies spécifiques de l'organe de la conscience de telle manière qu'aucune de celles-ci ne peut être excitée sans elle. Ne serait-ce pas une énergie qui entretient, dirige et règle le flux sanguin, nourricier des régions cérébrales en activité ? La présente conception de l'attention et de la sensation de temps recevrait de la sorte une base matérielle. On comprendrait qu'il n'existe qu'un seul temps continu, puisque l'attention partielle portée sur un sens ne dérive toujours que de l'attention totale (Gesammtaufmerksamkeit) et est conditionnée par elle.

Mach fait encore des remarques sur la comparaison de deux rythmes plus ou moins semblables. Il observe

1. Id. p. 202-7.

enfin que dans une longue succession de coups de cloche nous n'avons un souvenir distinct que des derniers, mais non des premiers. C'est que le temps passé, comme l'espace éloigné, se replie sur lui-même par un effet de perspective, et ses éléments deviennent moins discernables [1].

4. — *Les sensations de son*

La question du rapport entre les bruits et les sons, fondamentale dans la théorie acoustique de Helmholtz, est reprise expérimentalement par Mach. Il trouve qu'il existe tous les intermédiaires entre le bruit (spécialement la détonation) et le son. Un son de 128 vibrations par seconde que l'on entend seulement pendant un temps très court (par un trou pratiqué dans un disque tournant) se réduit à un coup sec, une petite détonation d'une hauteur musicale très peu déterminée, si sa durée est réduite à celle de 2 ou 3 vibrations, tandis que si elle atteint 4 ou 5 vibrations, la hauteur est déjà bien distincte. D'autre part dans une détonation, l'explosion d'une bulle de gaz, par exemple, on remarque une certaine hauteur de son, mais peu déterminée.

En soulevant les étouffoirs d'un piano, il est facile de se convaincre que de fortes explosions font résonner surtout les cordes basses, et les petites explosions surtout les cordes hautes. Il semble démontré par là qu'un même organe peut fournir la sensation de son et celle de bruit. Il faut se représenter qu'un ébranlement aérien apériodique, faible et de courte durée excite tous les organes terminaux de l'ouïe, mais principalement les petits, plus faciles à faire vibrer : et un ébranlement plus fort et plus long excite aussi les organes terminaux plus gros, plus massifs, qui vibrent alors plus

1. Id. p. 209-212.

longtemps et se remarquent davantage. La sensation que produit une détonation est la même qualitativement, mais seulement plus intense et plus brève que celle qu'on produit en frappant sur un piano simultanément un grand nombre de touches voisines [1].

Helmholtz a admis qu'à chaque son dont la hauteur est discernable par notre ouïe correspond dans l'organe de Corti un nerf terminal particulier, et que chacun de ces organes terminaux aurait son énergie nerveuse spécifique. Pourtant, dit Mach, nous ne *distinguons* pas seulement les tons, nous les *ordonnons* en une série. Entre trois tons de hauteurs différentes, nous reconnaissons sans plus lequel est le ton moyen. Même entre le son le plus élevé et le plus bas nous reconnaissons une certaine similitude. Nous devons donc, conformément à notre principe directeur, admettre des éléments communs dans toutes les sensations de son. Il ne peut y avoir autant d'énergies spécifiques que de sons discernables. Il suffit, pour comprendre les faits, d'admettre seulement *deux énergies* qui sont déclanchées en *proportion différente* par des nombres de vibrations différents. Pour nous faire une image précise, disons que la sensation de son, quand on passe des plus petits nombres de vibrations aux plus grands, varie comme celle de couleur quand on passe par exemple du rouge pur, par adjonction progressive de jaune, au jaune pur. Pour chaque nombre de vibrations discernable, il y a donc bien un organe terminal particulier, mais ce sont les deux mêmes énergies qui sont déclanchées ; on peut les appeler *l'aigu* et le *grave* [2].

Le fait que deux sons qui retentissent simultanément ne se fondent pas en un son moyen, mais restent différenciés, constitue un nouveau problème. Mach compare

1. Id. p. 218-9.
2. Id. p. 224-6.

la série des sons à un espace à une dimension, limité des deux côtés, et qui ne présente pas de symétrie. Le langage même exprime ce dernier fait, puisqu'on parle de sons hauts et bas, et non droits et gauches. Une sensation de son déterminée ne peut se produire qu'à une place déterminée de cette sorte d'échelle, et chaque fois que l'on veut faire ressortir une sensation de son il faut fixer la place qui lui appartient. Comment se fait cette fixation ? On peut se représenter qu'à côté des deux énergies dont le rapport conditionne la *coloration* haute ou basse de son, il y en a une troisième, analogue à une innervation, qui intervient pour fixer les sons. C'est l'attention. Mach étudie l'influence de l'attention dans l'audition des accords. Si dans un accord tenu sur le piano on fixe son attention sur l'une des notes, et qu'on laisse ensuite cette note s'éteindre, en lâchant la touche, on sent l'attention se porter comme en glissant sur la note voisine, qui ressort alors avec netteté, comme si l'on venait de la frapper [2].

Il est encore un fait important que la théorie de Helmholtz ne suffit pas à expliquer. C'est la sensation des intervalles et l'harmonie. Pourquoi do et sol consonnent-ils plus harmonieusement que do et si ? D'après Helmholtz, c'est que l'ébranlement physique de do et celui de sol ont plus d'harmoniques supérieurs communs que do et si. Mais la valeur caractéristique de l'intervalle appelé quinte ou sixte n'est pas expliquée par là. En deux suites de sons pareilles, mais placées à des hauteurs différentes, nous reconnaissons immédiatement la même mélodie. Ce sont deux figures sonores semblables. Les suites de son : do-fa, ré-sol, mi-la, qui présentent le même rapport des nombres de vibrations (3: 4), sont immédiatement reconnues comme des intervalles égaux, des quartes. De même toute tierce (rap-

1. Id. p. 226-31.

port 4 : 5) a sa coloration particulière, constitue une même sensation caractéristique, quelle que soit la hauteur du son fondamental de cette tierce. Si je lie harmoniquement ou mélodiquement les sons do et mi, ou fa et la, dans les deux cas le cinquième harmonique du son le plus bas coïncide avec le quatrième du plus élevé. Mais ce caractère commun à toute tierce n'existe que pour l'intelligence qui fait l'analyse physique du phénomène, et n'a rien à faire avec la sensation, puisque *pour la sensation*, ce sont dans le premier cas les harmoniques $\overline{\text{mi}}$, et dans le deuxième les harmoniques $\overline{\overline{\text{la}}}$, c'est-à-dire des sons tout différents, qui coïncident. On doit donc se demander où réside l'élément sensible commun à toutes les tierces.[1]

Comme explication, Mach propose son hypothèse de la *teinte additionnelle* (Zusatzfärbung). Chaque organe terminal répond non seulement à *un* nombre n de vibrations, mais aussi, avec beaucoup moins d'intensité, aux nombres de vibrations $2\,n$, $3\,n$, $4\,n$, et $\frac{n}{2}, \frac{n}{3}$ etc. Donc une source sonore S_n excite fortement la sensation correspondant à n vibrations, et plus faiblement celles correspondant à $2\,n$, $3\,n$,... et $\frac{n}{2}, \frac{n}{3}$,... vibrations. Mais il est invraisemblable que la sensation reste exactement la même, soit que l'organe n réponde à S_n ou à $S_{\frac{n}{2}}$. Il est plus probable que chaque fois qu'un organe répond à un son partiel, la sensation en reçoit une faible *coloration additionnelle*. Les sensations que donne la série des organes terminaux excités par les tons fondamentaux forment donc un ensemble affecté de la teinte additionnelle T_1 ; l'excitation de la même série par le premier harmonique supérieur donne un ensemble de

1. Id. p. 232-7.

sensations affecté de la teinte additionnelle T_2, etc. Dans le cas de la tierce, les sensations additionnelles T_4, T_5 et $T_{1/4}$, $T_{1/5}$, caractéristiques de cet intervalle, ressortent, même si les sons ne contiennent physiquement aucun harmonique supérieur. Ces teintes additionnelles, à peine remarquées dans les sons isolés, ressortiront donc dans la combinaison des sons à nombres de vibrations déterminés, comme diverses lumières faiblement colorées, presque blanches, forment un contraste plus vif quand on les rapproche. Aux mêmes rapports de vibrations correspondent, à n'importe quelle hauteur, les mêmes teintes de contraste. Il devient ainsi compréhensible que les sons reçoivent, par la combinaison harmonique et mélodique avec d'autres, les colorations les plus variées, qui manquent aux sons isolés.

L'ouïe ne reconnaît pas directement les rapports de vibrations, mais bien les colorations additionnelles que ceux-ci déterminent[1].

1. Id. p. 232-242.

CHAPITRE IX

PSYCHOLOGIE ET MÉTHODE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (1886-1915)

Le *Traité de la Chaleur* (1896)
La Connaissance et l'Erreur (1905)

Les trente dernières années de Mach. Le *Traité de la Chaleur*. Psychologie de la recherche scientifique. La mémoire et l'association. La conscience. L'instinct, la volonté, le moi. Psychologie animale et psychologie humaine. Le langage et le jugement. La vérité et l'erreur. Le concept et l'intuition. Pensée vulgaire et recherche scientifique. La méthode des variations. Comparaison, théorie, hypothèse. Analyse et synthèse. Déduction et induction. Psychologie de la découverte. Nombre, mesure, continu. L'espace. Le temps. Relation causale et notion de fonction. La substance et les lois.

La publication en 1883 et en 1886 de deux livres aussi remarquables que la *Mécanique* et l'*Analyse des sensations* avait fait connaître Mach dans le monde savant. Déjà il avait été nommé en 1880 membre de l'Académie des sciences de Vienne. En 1886 l'Université de Munich lui adressa un appel avantageux, qu'il refusa, préférant ne pas quitter Prague. Il est entouré d'un nombre grandissant d'élèves et de disciples qui suivent son enseignement. Toutefois les conceptions si originales qu'il avait proposées reçoivent du public et des

savants contemporains un accueil plutôt froid, et ne rencontrent d'abord que « quelques approbations isolées ». Peiné par des critiques acerbes, Mach eut même, durant de longues années, le « sentiment de nager seul contre le courant[1] ».

Cependant par une coïncidence curieuse, comme il s'en produit quelquefois dans l'histoire des idées, un penseur allemand, Richard Avenarius, avait développé en même temps que Mach, et sans qu'il y ait eu influence réciproque, une théorie très voisine de ses vues non seulement sur l'économie de pensée, mais aussi sur le rapport du physique et du psychique. Quand il en eut connaissance Mach modestement se félicita de l'appui qu'un « philosophe de carrière », auteur de gros ouvrages systématiques, apportait ainsi à ses conceptions d'homme de science[2].

A partir de 1890 environ il a la satisfaction de voir ses idées prises en plus grande considération et divers penseurs se rapprocher de lui. Il se découvre, quant à la conception de la physique, un précurseur peu connu

1. « Scientia » 1910, XIV, 126, 127. Anal. 298. Méc. 2.

2. Anal. 38, 298. Méc. 460. — L'ouvrage d'AVENARIUS : *Philosophie als Denken der Welt gemäss dem Prinzip des kleinsten Kraftmaasses* est de 1876, mais Mach ne le lut que vers 1882, peu de temps avant la publication de sa Mécanique. La *Kritik der reinen Erfahrung* (1888) est postérieure de deux ans à l'*Analyse des sensations*. — « Scientia », 1910, XIV, p. 127.

Comme Mach le dit très bien, à propos d'Avenarius et de lui-même : « la ressemblance est aussi étroite qu'on peut l'attendre entre deux individus qui ont suivi des évolutions différentes et travaillent séparément dans des domaines distincts. La concordance des idées est cependant un peu masquée par la grande différence de la forme. L'exposition d'Avenarius est très longue, tout en restant générale et schématique, et une terminologie étrange et insolite la rend encore plus difficile à suivre. Pour moi je n'avais pas sujet d'user d'un tel style et ne m'en sentais, au surplus, ni le goût ni le talent. » (Anal. 38). De fait, le style d'Avenarius est si singulier et hypertrophique que sa pensée est quasi inaccessible au commun des lecteurs, à moins qu'ils ne recourent aux exposés plus simples de ses disciples et commentateurs ; J. Petzoldt, R. Willy, etc. (v. UEBERWEG-HEINZE, *Geschichte d. Philosophie*, IV, 25, et HŒFFDING, *Philosophes contemporains*).

en la personne de W. J. M. Rankine (*Outlines of the science of Energetics*, 1855). Il trouve en W.-K. Clifford (*Lectures and Essays*, 1879) un penseur dont le but est voisin du sien. Il voit que J.-B. Stallo (*The concepts and theories of modern physics*, 1882) et K. Pearson (*The Grammar of science*, 1892) prennent la même position que lui vis-à-vis de la métaphysique; que W. Schuppe avec sa « philosophie de l'immanence », que deux disciples d'Avenarius : J. Petzoldt et H. Cornelius, que O. Külpe (*Einleitung in die Philosophie*, 1895), que William James (*Principles of Psychology*, 1890), et plus tard Alfred Binet (*L'âme et le corps*, 1905) et P. Duhem (*La théorie physique*, 1906) s'accordent avec lui sur les points principaux[1].

Lui-même publie encore quelques volumes où s'expriment les derniers développements de sa pensée. D'abord un recueil de ses discours et articles : les *Conférences scientifiques populaires* (1896)[2], dédié à William James ; puis un *Traité de la Chaleur* qui constitue comme un pendant à celui de la Mécanique.

En 1895 sa carrière de professeur reçoit son couronnement par un appel à Vienne, à la chaire, créée pour lui, d' « Histoire et théorie des sciences inductives ». Il quitta donc Prague après 28 ans de professorat dans cette ville et vint à la capitale. Mais il ne put poursuivre ce nouvel enseignement que durant peu d'années, car il eut en 1898 (à 60 ans) une attaque d'apoplexie qui lui laissa une paralysie partielle permanente du côté droit. L'intégrité de sa conscience et de sa mémoire ne subit aucune atteinte, mais sa capacité de travail, jusqu'alors prodigieuse, diminua quelque peu. Cette épreuve n'abattit point son zèle de chercheur. Il eut le courage

1. « Scientia » 1910, XIV, 127. Préf. de Anal. Wärmel. Méc. Erk.; Anal. 38.
2. *Populär wissenschaftliche Vorlesungen*. Leipzig 1896, 4e éd. 1910, 508 p. L'ouvrage avait paru d'abord en anglais : *Popular scientific lectures*. Chicago 1895.

d'observer tranquillement son infirmité, en psychologue attentif, et il en rédigea une description précise, pour contribuer à l'étude des mouvements volontaires et des sensations kinesthésiques (Anal. p. 143).

Dans les années qui suivent, il s'occupe activement de rééditer en les augmentant ses ouvrages épuisés, et principalement l'*Analyse des sensations*, qui atteignait sa sixième édition en 1911.

Les honneurs publics lui vinrent enfin. Le gouvernement impérial lui décerna le titre de Conseiller aulique (Hofrat). En 1901 il fut nommé membre de la Chambre des Seigneurs d'Autriche[1]. En 1902 il prit sa retraite de professeur et reçut le titre de « Emer. Professor ».

En 1905, il publie, en un gros volume de 460 p., son cours de philosophie scientifique sous le titre de *La Connaissance et l'Erreur*[2]. Jusqu'à 1915 il produit encore des articles originaux et des rééditions. Signalons deux articles parus l'un en français : *Sur le rapport de la physique avec la psychologie* (Année psychologique, 1906), et l'autre en allemand et en français simultanément : *Les idées directrices de ma théorie de la connaissance dans les sciences naturelles et l'accueil qu'elles ont reçu des contemporains* (« Scientia » 1910). En 1913 Mach se retira à Haar, près de Munich.

Il vit éclater la grande Guerre et publia encore en 1915 un petit livre : *Civilisation et mécanique*[3], qui est un essai sur les origines de la technique industrielle dans la préhistoire et dans l'antiquité. Il mourut en février 1916, à 78 ans.

Résumer, comme je vais l'essayer dans ce chapitre, ses vues sur la science pendant les trente dernières

1. H nning, *E. Mach*, p. 8.
2. *Erkenntnis und Irrtum, Skizzen zur Psychologie der Forschung*. Leipzig 1905. 2e éd. 1906. Traduction franç. par le Dr M. Dufour, Paris, 1908.
3. *Kultur u. Mechanik*. Stuttgart 1915. 86 p.— En 1913 il avait achevé un important ouvrage, réplique du *Traité de la chaleur*, *Die Prinzipien der physikalischen Optik*, qui ne parut qu'en 1921, et n'a pu être analysé ici.

années de son activité (1886-1915) n'est pas chose facile. L'ensemble de ce qu'il a écrit pendant cette période comprend plus d'un millier de pages, — sur les 2.800 pages que compte son œuvre entière. Les idées, les aperçus nouveaux continuent à jaillir et au milieu d'eux reparaissent fréquemment, sous des formes variées, les thèmes favoris que nous connaissons déjà : Le processus d'*adaptation* dans la pensée scientifique, l'*économie* de la science. Je m'efforcerai néanmoins d'éviter les redites dans mon exposé.

***

Commençons par caractériser ce gros ouvrage sur la *Théorie de la Chaleur* [1] que j'ai dit former un pendant à la *Mécanique*. Ce livre en effet est aussi de nature mixte, relevant à la fois de la physique proprement dite et de l' « histoire et philosophie des sciences ». Mach y traite de nouveau l'un des grands chapitres de la physique par sa méthode « historico-critique ». Son but est, dit-il, « d'éclaircir au point de vue de la critique de la connaissance les fondements de la thermologie [2] ». Il divise l'étude de la Chaleur en ses diverses branches : thermométrie, conduction calorifique, chaleur rayonnante, calorimétrie, thermodynamique ; et dans chacune il donne l'historique des découvertes, puis leur discussion critique. Pour se faire une idée de la somme de labeur condensé dans cet ouvrage, il faut savoir que l'histoire de la science est toujours faite de première main d'après des sources très nombreuses, et que les analyses logiques sont poussées réellement « de manière à ne rien laisser dans l'ombre ».

Voici par exemple, après l'histoire de la thermométrie, la critique du concept de température. Mach montre qu'on doit distinguer soigneusement : 1° la sensation

1. *Die Principien der Wärmelehre*, Leipzig 1896. 2e éd. 1900, 462 p.
2. Wärmel. préf. p. 7.

de chaleur, noyau de toute représentation de température, 2° l'état thermique du corps, c'est-à-dire la symbolisation de l'ensemble des propriétés et du comportement du corps chaud, 3° le signe, arbitrairement choisi, de cet état thermique : le volume du corps. Il rappelle que le choix de la substance thermoscopique, mercure, air ou autre, et l'établissement de l'échelle thermométrique, entre deux repères et au delà, sont aussi des conventions arbitraires, et qu'enfin la désignation des températures par des nombres n'est pas une mesure proprement dite, mais seulement une manière conventionnelle de caractériser et d'inventorier des états thermiques [1].

Dans l'étude du rayonnement calorifique, le rôle joué par les physiciens genevois M.-A. Pictet et P. Prévost est mis en lumière. L'histoire de la calorimétrie est suivie de la discussion des concepts de quantité de chaleur, capacité calorifique, chaleur spécifique. Par la calorimétrie des gaz, nous arrivons enfin à la thermodynamique et au principe d'énergie, et de ce sujet naturellement ardu, Mach fait un exposé vivant qui a même quelque chose de dramatique, tant il montre bien la lutte des conceptions, les péripéties par lesquelles passe la science et les efforts qu'a dû déployer pendant tant d'années le génie des Carnot, des Mayer, des Joule, des Clausius pour pénétrer la véritable nature des relations entre les phénomènes thermiques et mécaniques. La marche des idées chez chacun de ces grands chercheurs a son caractère personnel. Mach détermine impartialement leur rôle dans le travail collectif qui a constitué l'énergétique. Sous sa conduite nous voyons clairement « l'adaptation biologico-économique des idées progresser et scinder la notion de *chaleur* en les deux notions de *quantité de chaleur* et de *température* ;

1. Wärmel. 39-57.

nous voyons comment la notion de quantité de chaleur conduit à la notion de *chaleur latente*, aux notions d'*énergie* et d'*entropie* [1] ».

Recherchant les sources du principe de conservation de l'énergie, Mach voit d'une part que c'est *l'expérience* qui a montré une connexion entre la perte de chaleur et la production de mouvement et qui a permis de déterminer la grandeur de l'équivalent thermomécanique. Mais d'autre part c'est une opération de *la pensée formelle* qui a fait concevoir précisément la chaleur et le travail consommé comme équivalents et formant une somme constante. Poser ainsi la constance de la somme des énergies c'est appliquer sous une forme mathématique simple le concept de substance, lequel est lui-même le produit d'un instinct, la réponse au besoin de permanence et de stabilité de notre esprit [2].

Après avoir insisté sur la valeur toute relative de la loi d'énergie, Mach montre ce qui distingue la chaleur des autres formes d'énergie et discute la question, captieuse entre toutes, de l'*entropie*.

Après la partie proprement scientifique du livre, on trouve encore une centaine de pages de considérations philosophiques sur la méthode, la nature et la genèse de la science en général. Ce sont ces idées qu'il nous reste à exposer, en nous référant non seulement à ces chapitres de conclusion du *Traité de la chaleur*, mais à tous les derniers écrits de Mach : *Conférences scientifiques populaires* (1896), *La Connaissance et l'Erreur* (1905), rééditions augmentées de l'*Analyse des sensations* (de 1900 à 1911) et de la *Mécanique* (1896 à 1912), articles de l'*Année psychologique* (1906) et de « *Scientia* » (1910).

1. « Scientia » 1910, XIV, 129.
2 Wärmel. 315-327.

***

Le lecteur qui a suivi nos efforts pour décrire la marche des idées de Mach éprouve peut-être, en y réfléchissant, une difficulté. Les diverses vues énoncées par Mach et exposées jusqu'ici sont-elles bien conciliables entre elles ? La conception sensualiste de la réalité que Mach appelait « théorie des éléments » est-elle compatible avec sa conception évolutioniste qui voit dans la vie mentale l'un des moyens de conservation biologique ?

D'une part, phénoméniste aussi radical que Hume, Mach a dit : il n'existe que des éléments donnés par les sens : couleurs, sons, pressions, espaces, durées, qui constituent le monde physique et le monde psychique tout entiers ; ni le moi, ni la matière, ni les concepts ne sont des réalités données. D'autre part, avec l'école évolutioniste il affirme que la pensée humaine, tout comme les organismes, tend à sa propre conservation par une adaptation progressive et continue à son milieu, à l'expérience. Il semble que la première théorie soit trop mécanique et trop simple pour se concilier avec le finalisme très complexe de la seconde. A ces théories s'ajoutent encore, sans s'y accorder d'emblée, le principe de la psychologie physiologique qui fonde tous les phénomènes de conscience sur ceux de l'organisme, et le principe de l'économie de pensée dans la science.

Mach dut sentir lui-même obscurément qu'une mise au point était nécessaire, car on remarque dans ses écrits postérieurs à 1886 comme un effort pour rapprocher, pour combiner des thèses disparates qui étaient de nature à se contrarier. Il va développer en effet une doctrine sur la genèse psychologique de la recherche scientifique qui me semble destinée à relier plus étroi-

tement la « théorie des éléments » et la théorie biologico-économique.

Le principe de cette synthèse paraît avoir été exprimé dans la formule suivante : « Nous ne nous comportons pas passivement à l'égard des *sensations*, mais elles déclanchent une *réaction* biologique, dont la suite naturelle est précisément l'*adaptation* des idées aux faits[1]. » Dès lors en effet, le terme de *réaction* vient souvent sous sa plume au lieu de *sensation* ou d'*élément*.

Son premier pas dans cette voie est de reconnaître qu' « avec de simples sensations il est impossible de fonder une vie psychique qui ressemble même de loin à la nôtre ». On doit invoquer un autre facteur : la mémoire, l'association. « Si la sensation est oubliée aussitôt qu'elle a disparu, il ne peut se produire qu'une mosaïque et une suite incohérente d'états psychiques, comme celle que nous devons admettre chez les animaux inférieurs et chez les idiots du dernier degré... Si la vue d'un corps sphérique coloré n'est pas complétée par le souvenir de l'odeur, du goût, bref des propriétés du fruit et des expériences faites sur lui, elle demeure incomprise, elle est sans intérêt, comme c'est le cas dans l'état de « cécité psychique. »

« La conservation des souvenirs, leur connexion, leur capacité de se réveiller les uns les autres, c'est-à-dire la *mémoire* et l'*association*, sont la condition fondamentale de la vie psychique supérieure. » La découverte de ce trait essentiel est un progrès bien qu'il demande lui-même une explication. Pourquoi les organismes ont-ils une mémoire, qui semble manquer à la matière inorganique ? c'est un problème qui reste à résoudre[2].

Qu'est-ce que la *mémoire*? Les traces qu'un événement psychique laisse après lui et la reproduction de

1. Anal. 297.
2. Anal. 192.

cet événement sous l'effet de la plus légère impulsion. Les organismes sont doués d'une plasticité spéciale pour la répétition de phénomènes et de séries de phénomènes. Une explication physique de la mémoire n'est pas inaccessible, mais nous en sommes encore très éloignés. « Les organismes élémentaires possèdent probablement aussi un rudiment de mémoire. Dans ce cas on peut penser que tout phénomène *chimique* dans l'organisme y laisse des traces qui favorisent le retour du même phénomène[1]. »

C'est sur l'*association* que reposent toutes les adaptations psychiques au milieu, toutes les expériences vulgaires et même les expériences scientifiques. L'enfant nouveau-né n'a tout d'abord que des mouvements réflexes, téter, crier. En grandissant il acquiert par association les premières et les plus simples expériences. Il apprend à éviter comme douloureux le contact de la flamme et le choc d'un corps dur ; il apprend à rattacher l'idée de saveur à la pomme qu'il voit, etc.[2]

En comparant un fait sensible comprenant les éléments ABCD avec un autre fait sensible AKLM, nous apprenons à connaître comme autonomes les parties constitutives de nos impressions. L'orangé A ne se trouve pas seulement dans une orange, il se trouve aussi dans un morceau d'étoffe, une fleur ou un minéral, c'est-à-dire dans des complexes différents. Avec la durée de notre vie augmente la richesse de notre expérience sensible ainsi que le nombre et la variété des liaisons associatives. Et par là se produisent à la fois une décomposition progressive de cette expérience en ses éléments constitutifs et une formation progressive de nouvelles synthèses à partir de ces éléments. Quand la vie intellectuelle est formée, nous pouvons retenir, associés entre eux comme des faits sensibles, des *complexes* de repré-

1. Anal. 195.
2. Conn. 44, 45.

sentations. La combinaison, tout comme l'analyse, repose sur l'association[1].

Les lois d'association et de reproduction se réduisent à une seule, le *principe de simultanéité* : De deux états de conscience A et B, qui sont apparus une fois en même temps, si l'un se produit, il évoque l'autre. Quand on connaît ce trait fondamental de la vie psychique elle devient bien plus compréhensible. Pendant la vie la plupart des représentations se sont associées à beaucoup d'autres, et ces diverses associations interfèrent réciproquement. La différence du cours des idées selon qu'on se remémore son passé, qu'on vaque à ses affaires professionnelles ou qu'on se livre à une libre rêverie, deviennent compréhensibles par les circonstances concomitantes. Mais il serait bien difficile de trouver les petites contingences qui déterminent la libre imagination. En rêve les idées prennent les chemins les plus surprenants et le fil de l'association y est tout particulièrement difficile à suivre[2].

La solution d'une énigme ou d'un problème scientifique ou technique exige un mouvement d'idées fait dans un but déterminé. On *cherche* là quelque chose de nouveau, et qui pour le moment n'est encore que partiellement connu. Ce mouvement d'idées est ce que nous appelons *réflexion*. Quant on réfléchit, les conditions A, B, C... à remplir par l'idée que l'on cherche sont connues, l'idée qui les remplit ne l'est pas. Nous faisons alors des essais, une expérimentation avec des pensées, avec des souvenirs. L'association nous fournit des séries de représentations pour la propriété A, pour la propriété B, etc. L'élément appartenant à toutes les séries, où toutes ces séries se croisent, est la solution du problème[3]

1. Conn. 48-50.
2. Conn. 50-52. Anal. 195.
3. Conn. 52-56.

Cependant ce serait une absurdité de vouloir ramener tous les processus psychologiques à des associations acquises pendant la vie individuelle. A aucun moment la « Psyche » ne nous apparaît comme une « table rase ». L'établissement de certaines associations est mécaniquement préparé, il peut être grandement favorisé et facilité par une disposition anatomique et spécialement par des liaisons nerveuses innées et renforcées par l'usage. « Toutefois on peut se demander si les processus pour la liaison desquels des voies nerveuses se sont formées dans les organismes hautement différenciés ne sont pas le facteur *primaire* qui existe déjà dans les organismes inférieurs et dont la répétition fréquente conduit à la formation de ces voies... Il faut admettre également la possibilité de processus psychiques spontanés, non produits par l'association, qui excitent quelques parties du système nerveux et peuvent s'étendre de proche en proche au système nerveux tout entier. » L'exemple des hallucinations dans le domaine sensoriel et des mouvements réflexes dans le domaine moteur doit avoir des analogues dans d'autres domaines[1].

« L'introspection, aussi bien que l'observation d'autres êtres nous apprend que la *conscience* a ses racines dans la possibilité de *reproduire* et d'*associer* des idées, et que le niveau de la consciencce va de pair avec la richesse, la facilité, la vivacité et l'ordonnance de ces fonctions. La conscience ne consiste pas dans une classe de qualités spéciales (psychiques) distinctes des qualités physiques; elle n'est pas non plus une qualité particulière qui doive s'ajouter aux qualités physiques pour rendre conscient ce qui ne l'est pas ; elle consiste dans une *liaison spéciale* de qualités données. Il ne faut pas chercher à expliquer la sensation. Elle est

1. Anal. 195. 196. Conn. 46.

quelque chose de trop simple et de trop fondamental. La sensation isolée n'est d'ailleurs ni consciente ni inconsciente; elle devient consciente quand elle prend sa place dans les événements du présent[1]. »

Tout trouble de la reproduction et de l'association est un trouble de la conscience. L'intégrité des hémisphères cérébraux est la condition nécessaire de l'intégrité de la conscience. Il y a des régions déterminées de *l'écorce cérébrale* qui reçoivent et gardent les traces des sensations visuelles, d'autres les sensations acoustiques, etc. Ces différents champs corticaux sont reliés entre eux de façon multiple par des fibres d'association. Toute rupture d'une liaison entraîne des troubles psychiques : la cécité ou la surdité psychiques, les aphasies, les amnésies partielles ou totales, permanentes ou périodiques[2].

Pour continuer son explication de la conscience, Mach s'appuie sur les travaux de Goltz et de Loeb. Goltz a montré que l'ablation du cerveau chez la grenouille supprime les actes volontaires intelligents (recherche d'une proie, fuite des ennemis), mais que les fonctions vitales élémentaires (déglutition, accouplement) qui sont assurées par des *mécanismes réflexes*, subsistent. Chez les plantes aussi on voit des réactions motrices adaptées à la conservation de l'ensemble, les tropismes. Loeb a transporté aux animaux la notion de tropisme. « Chez les plantes tous les phénomènes sont plus simples à observer et s'accomplissent plus lentement. Figurons-nous les mouvements lents du caméléon plus ralentis encore et par contre les mouvements de préhension des lianes très accélérés : la différence pour l'observateur s'effacerait très notablement entre les deux processus[3]. »

1. Conn. 56, 57.
2. Conn. 58-60.
3. Conn. 64, 68.

Mach admet donc que les actions instinctives ne sont que des chaînes de mouvements réflexes, dont le premier élément est mis en jeu par une excitation externe et chacun des autres par le précédent. Mouvements réflexes automatiques et instincts demeurent le noyau des manifestions vitales. Seulement quand ils ne suffisent plus à la conservation de la vie (chez les animaux supérieurs), une modification intervient sous l'influence de l'intellect : la volonté. Mais *la volonté* n'est pas quelque chose d'essentiellement nouveau. Les mouvements involontaires de nos membres laissent après eux des images motrices associées à des sensations optiques, tactiles, agréables ou désagréables. Ainsi nous accumulons des expériences sur les mouvements de notre corps. Par action réflexe un enfant a saisi un morceau de sucre et l'a mis dans sa bouche; une autre fois il a touché une flamme et, toujours par action réflexe, a retiré sa main. Quand plus tard l'enfant revoit le sucre ou la flamme, sa conduite est déjà modifiée par les souvenirs qui viennent à sa conscience. Il saisit l'un mais s'arrête devant l'autre : le réflexe de préhension est arrêté par celui de fuite que produit le souvenir de la douleur[1].

« Le mouvement volontaire est un mouvement réflexe influencé par le souvenir. » Ce qui distingue du mouvement réflexe, l'acte volontaire, c'est que le sujet réfléchissant lui attribue pour cause déterminante ses propres représentations qui anticipent cet acte[2].

Après avoir d'abord confondu la volition avec un courant d'innervation (v. p 140, 143) Mach a admis avec James que les impulsions motrices, les innervations allant du cerveau aux muscles ne sont pas perceptibles. La représentation vive du *but* d'un mouvement suffit à déclancher dans l'organisne une série de processus qui

1. Conn. 70-72.
2. Anal. 141.

aboutissent au mouvement lui-même, et nous ne sommes renseignés que sur le mouvement *effectué*, par des impressions périphériques de la peau, par la contraction des muscles, etc.[1]

« Ce que nous nommons volonté n'est pas autre chose que l'ensemble des conditions, en partie conscientes, d'un mouvement, liées à la prévision de son résultat. Si nous analysons ces conditions, pour autant qu'elles tombent dans la conscience, nous ne trouvons que des traces mnémoniques d'expériences précédentes et leur association[2]. » « La volonté consiste dans la subordination des actes réflexes n'ayant qu'une importance passagère aux processus qui mènent les fonctions biologiques. Mais ces processus directeurs sont les sensations et les représentations qui enregistrent les conditions de la vie[3]. »

« La volonté n'est pas un agent psychique ou métaphysique particulier; je n'admets pas une causalité psychique propre... Les phénomènes de volonté doivent pouvoir se comprendre par les seules forces physiologiques[4]. »

Dans nos actes volontaires nous ne sommes pas moins automates que les organismes les plus simples. Seulement les manifestations de notre vie psychique sont plus compliquées et plus variées ; aussi des êtres doués d'intelligence ne peuvent pas être figurés par des automates mécaniques comme ceux de Vaucanson, parce que tout le passé a exercé sur eux une influence, et ils se modifient encore continuellement au cours du temps[5].

Le *moi*, est un ensemble de représentations et de sensations associées, qui se rattache à notre corps. Chez

1. Conn. 173-75. Wärmel. 110.
2. Anal. 82.
3. Conn. 178.
4. Anal. 140.
5. Conn. 39,43.

le petit enfant, le moi comprend surtout des sensations organiques, ensuite se développe peu à peu la vie des sens et plus tard la vie de représentation, le besoin sexuel, enfin la vie intellectuelle. Le moi embrasse une vaste image du monde au centre de laquelle notre propre corps se détache nettement comme l'élément le plus important[1].

Mach explique les altérations du moi telles que les dédoublements de la personnalité par des troubles des sensations organiques. « Il faut se représenter qu'aux sensations organiques changeantes se rattachent étroitement des cercles d'association, qui sont indépendants les uns des autres. Quand les sensations organiques changent, comme cela arrive dans la maladie, les souvenirs changent aussi avec toute la personnalité[2]. »

***

Les considérations qui précèdent peuvent s'appliquer à peu près aussi bien aux animaux qu'à l'homme. Mach a toujours soin de rattacher la *psychologie humaine* à ses *origines animales*. Il aime à comparer, par exemple, l'attitude du savant dans la recherche à celle du carnassier en chasse. Il met une certaine insistance à développer, entre l'homme et la bête, ces parallèles, dont quelques-uns ne sont pas sans une pointe d'humour et de malice. On dirait que le psychologue découvre ici une veine de fabuliste. Voici deux morceaux, entre plusieurs analogues :

« Les mouvements de la mouche paraissent déterminés et guidés immédiatement par la lumière, l'ombre, l'odeur, etc. Elle se repose toujours à la même place du visage après qu'on l'a chassée dix fois. Elle ne *peut* s'arrêter, avant de tomber frappée sur le sol. Le mendiant, en quête du sou qui doit

1. Erk. 65. Conn. 79.
2. Conn. 81.

assurer sa vie quotidienne, dérange avec insistance le bourgeois satisfait, jusqu'à ce qu'on le chasse avec une injure violente : ce ne sont tous les deux que des automates un peu moins simples[1]. »

Ne dirait-on pas un petit apologue, à intituler « l'Importun » ?

Et voici maintenant une « fable » sur l'Attention et la Distraction :

« Quand un chat sauvage, mis en éveil par un bruit léger, se rappelle l'animal qui peut faire ce bruit, il dirige les yeux vers l'endroit où il se produit et se tient prêt à sauter. L'association des idées a provoqué ici des mouvements qui rendent possible une impression optique plus nette de la proie attendue... celle-ci pourra alors être attaquée par un saut bien mesuré... Nous faisons comme ce chat quand nous réfléchissons à quelque chose qui nous intéresse. Nous ne nous laissons pas aller à des idées quelconques, nous ne prêtons pas d'attention aux bruits qui nous environnent. Nous nous installons à notre table de travail. Les associations en rapport avec notre tâche se montrent seules. Dans le cas de l'attention sensible, les sens étant dirigés vers un objet déterminé, l'animal devient relativement aveugle ou sourd pour tout autre objet ; de même les associations concernant le problème barrent la route aux autres. Le chat ne remarque pas l'approche du chasseur et devient sa victime. Archimède, absorbé par une construction géométrique, paie de la vie une adaptation biologique momentanément insuffisante[2]. »

Essayez après cela de plaider néanmoins pour la supériorité intellectuelle de l'homme, et alléguez par exemple la bêtise incroyable des vaches et des poules; Mach vous répondra que « Maupassant dans plusieurs

1. Conn. 40.
2. Conn. 76, 77.

de ses nouvelles raconte en maître des traits de stupidité humaine qui ne sont guère exagérés[1] ».

Nous lisons toutefois quelque part (Conn. 64) que « l'intelligence de la grenouille est très limitée, si on la compare à celle de l'homme ».

Soyons donc satisfaits de cette concession et, sans plaisanterie, accordons à notre tour à Mach que « l'enfant nouveau-né est, comme un animal d'organisation inférieure, réduit à des mouvements réflexes innés, téter, crier, etc. Mais bientôt, par la richesse et la finesse de son expérience, l'enfant laisse tous les animaux loin derrière lui[2]. »

En somme « les différences que l'homme présente par rapport aux animaux, au point de vue psychique, ne sont pas qualitatives ; elles sont seulement quantitatives ». L'homme a une vie psychique plus riche, un cercle d'intérêts plus étendu, il emploie pour atteindre ses buts un plus long détour. L'animal, plus spécialisé, naît préparé à un certain genre de vie limité, tandis que l'homme, dont l'activité est plus variée, vient au monde moins spécialement préparé, mais aussi plus capable d'apprendre. Il se produit pendant la vie de chaque individu humain une modification plus rapide de sa vie psychique[3].

L'homme primitif a les mêmes ruses que les bêtes de proie. Des expériences peut-être fortuites l'amènent à se fabriquer des pièges, des habitations, des vêtements. Au lieu de saisir toujours immédiatement ce qu'il lui faut, comme l'animal, il use de moyens détournés : telles sont les armes de jet. Le singe s'enveloppe volontiers d'une couverture, *quand* il en a une, tandis que l'homme *fixe* tous les procédés avantageux : il « accumule les inventions ». Seul l'homme sait

1. Conn. 85, 86.
2. Conn. 45.
3. Conn. 86, 87. Pop. 454.

entretenir le feu et le refaire. Le feu est la clé de la technique chimique : poterie, cuisine; les outils sont celle de la technique mécanique [1].

Ce n'est que très difficilement et lentement que l'homme primitif a acquis une certaine supériorité sur les animaux. La formation de la société, la division en classes, en métiers a développé la civilisation et produit des inventions particulières. Par l'esclavage, pilier de la société antique (et qui se retrouve chez les fourmis), l'homme exploite le travail de son semblable. Il apprend enfin à utiliser les forces de la nature : moulins, machine à vapeur, électrotechnique moderne [2].

Dans *le langage* parlé et écrit, première grande invention de la vie sociale et condition nécessaire de l'apparition de la science, Mach ne veut même pas voir un trait qui distingue qualitativement l'homme des animaux. Le langage humain, dit-il, s'est développé, sans commencement assignable, à partir du langage animal, lequel consiste en cris réflexes, cris d'appel, d'aver-

1. Conn. 88-91. Pop. 300. — Comme toutes les questions d'origine, la préhistoire de la technique industrielle est entourée de mystère et exerce un attrait particulier. Mach l'a ressenti vivement, car sur la fin de sa vie il consacre encore à ce sujet une nouvelle étude. Dans son dernier livre, paru quelques mois avant sa mort, intitulé *Civilisation et Mécanique* (*Kultur und Mechanik*, Stuttgart 1915, 86 p.), il examine l'influence des peuples civilisés de l'antiquité sur le développement de la mécanique, et il s'essaye, d'après les données de l'ethnographie et aidé de souvenirs d'enfance, à reconstituer la manière dont les hommes primitifs ont pu réaliser leurs premières inventions et fabriquer leurs premiers outils. La roue, la vis, la scie, les moulins, les différents briquets et soufflets à feu sont des créations géniales de l'humanité préhistorique. La poterie et la céramique, le verre, la métallurgie du bronze, du fer et des autres métaux ne sont pas des inventions moins admirables, et toute la technique de notre civilisation moderne en est sortie par un développement continu. En terminant, Mach évoque l'amère détresse qui serait la nôtre si tous les produits existants de l'industrie humaine venaient à être anéantis subitement, et s'il nous fallait tout refaire.

2. Conn. 91, 92. Sur ces questions Mach se rattache expressément au sociologue anglais Tylor, qu'il cite fréquemment.

tissement, d'attaque, etc. Ces cris se transforment en *souvenirs* et en *signes* des représentations correspondantes, et deviennent compréhensibles pour des individus de même espèce vivant en commun dans les mêmes circonstances. Seulement le langage animal très limité, est presque entièrement inné. Dans l'humanité au contraire le langage est en majeure partie appris, par imitation [1].

Une fois certains sons associés, comme leurs symboles, à certaines représentations, il devient possible à celui qui parle de susciter par les mots chez l'auditeur la reproduction mentale de faits que celui-ci n'observe pas présentement, mais dont il a fait l'expérience auparavant. Ce processus d'évocation est la caractéristique de la communication verbale. Grâce à elle, l'expérience individuelle qui serait par elle-même des plus restreinte s'élargit par la transmission de l'expérience des autres hommes [2].

Le langage oblige à une perpétuelle *comparaison* des représentations nouvelles aux anciennes qui leur ressemblent. Un enfant à qui on a appris le mot « chien » lors de la rencontre d'un gros chien noir, s'il voit ensuite un mouton noir, il l'appellera aussi chien. Pour différencier et enrichir son expérience, il devra comparer attentivement les deux représentations similaires et considérer séparément ce qu'il y a d'important pour la détermination de chacune. Ce processus d'analyse comparative se poursuit déjà spontanément chez l'individu isolé, car on peut penser sans l'aide du langage par simple association d'images, mais il est vivement stimulé par la nécessité de communiquer avec autrui par la parole. En effet, quand on parle, on est obligé de décomposer chaque événement en éléments générale-

1. Conn. 94. Wärmel. 406-14.
2. Wärmel. 396.

ment connus et dénommés, et l'on gagne ainsi beaucoup de clarté[1]. Ce processus aboutit au jugement.

Qu'est-ce que le *jugement*? Un exemple fera saisir sa nature. Un enfant venu pour la première fois de la ville dans une grande prairie regarda tout autour de lui et s'écria étonné : « Nous sommes dans une boule. Le monde est une boule bleue! » Nous avons ici deux jugements. Comment se forment-ils? La représentation sensible « nous » (la compagnie présente) devient une image plus complète par la représentation déjà existante d'une boule. De même dans le deuxième jugement, l'image du « monde » (tous les objets environnants) est complétée par la boule bleue qui l'enclot (et dont la représentation existait déjà, car sinon le nom aurait fait défaut). Un jugement consiste donc à enrichir la représentation d'un fait sensible en la complétant par d'autres images existant dans le souvenir et pouvant être évoquées par des mots[2].

Considérons la proposition : L'arbre a une racine. Il y a ici extension dans l'espace de la représentation d'arbre. Dans la proposition : La grenouille n'a pas de branchies, — il y a correction d'une représentation complétée trop hâtivement par l'habitude. Les propositions suivantes : la chenille devient papillon, — l'acide sulfurique dissout le zinc, — le frottement électrise le verre, — contiennent une extension de certaines représentations dans le temps.

***

Toutes les modifications de la vie intellectuelle, étant des phénomènes biologiques, ne sont que des réactions qui s'effectuent pour conserver l'existence de l'individu. Mais il se produit également des réactions qui n'abou-

1. Anal. 262. Wärmel. 397, 412. Conn. 119.
2. Anal. 258-260.

tissent pas à cette conservation, et qu'il faut considérer comme des échecs ou des limites de l'adaptation. Tel est le cas de l'animal pris dans un piège. Son attention a été mise en défaut; ses associations l'ont induit en erreur[1].

Si un jugement correspond d'une façon exacte au fait auquel il se rapporte, nous voyons en lui une *connaissance vraie*. Celle-ci conduit toujours à un résultat biologique. Mais si le jugement ne se vérifie pas, nous l'appelons *erreur*. Ce sont les mêmes fonctions psychiques, fonctionnant selon les mêmes règles, qui nous conduisent tantôt à la vérité, tantôt à l'erreur. L'une et l'autre ont les mêmes sources psychiques : seul le succès permet de les séparer l'une de l'autre[2].

Une des causes d'erreur est l'attention insuffisante apportée à l'observation. Nous croyons alors le fait constitué par des circonstances différentes de celles qui existent réellement. Une autre est la confusion entre nos sensations et les représentations qu'elles éveillent par association..., comme lorsqu'on prend pour une force physique un sentiment subjectif ou un concept[3].

L'examen des trucs des escamoteurs, qui produisent volontairement l'erreur, est instructif pour éviter les erreurs dans la recherche scientifique. Leur moyen ordinaire est de faire admettre une identité qui n'existe pas entre deux objets plus ou moins ressemblants.

En science l'erreur la plus commune est d'identifier les concepts avec les choses[4].

***

Qu'est-ce qu'un *concept?* Quelle est son origine? Mach recourt toujours à une explication biologique.

1. Conn. 115, 116.
2. Conn. 123, 132.
3. Conn. 124, 127.
4. Conn. 128, 131, 150.

La vue d'un objet déclanche chez un animal certaines activités : s'approcher, flairer, mordre, fuir, etc. Les impressions sensibles procurées par ces activités (odeur, goût) déterminent le comportement ultérieur (avaler, s'écarter). Tel est le fondement biophysiologique du concept. Toutes les circontances qui provoquent une même réaction de l'organisme, d'où résultent les mêmes impressions sensibles, tombent sous un même concept. On ne saurait en effet dénier aux animaux supérieurs la formation de concepts rudimentaires, importants pour leur conservation, tels que : bon à manger, non commestible, dangereux, etc., sous lesquels ils classent les phénomènes[1].

La formation du concept n'est pas instantanée comme celle de l'image concrète, mais au contraire lente et progressive. En général des souvenirs emmagasinés peu à peu dans une foule d'expériences s'associent à une *représentation typique* intuitive pour former le concept. Ainsi le mot oxygène fait penser facilement à une allumette présentant seulement un point incandescent et qui s'enflamme. L'homme forme ses concepts comme l'animal et classe sous eux les faits, mais outre la diversité plus grande de ses activités et de ses moyens, il est puissamment soutenu par ses relations avec ses semblables et par le langage[2].

Le *mot* est l'étiquette du concept; toutefois il ne le recouvre pas toujours exactement. Les concepts et les mots de la langue vulgaire ont une signification floue et changeante. Quand on parle, le contenu conceptuel des mots ne vient pas distinctement à la conscience; on les comprend et on les emploie presque automatiquement grâce à l'habitude.

Chaque état ou profession a sa classification abstraite et ses concepts propres, mieux délimités que ceux de

1. Wärmel. 416.
2. Conn. 135, 122.

la langue vulgaire. On n'arrive à les posséder vraiment que par la pratique, c'est-à-dire en passant souvent de l'observation des faits aux concepts et inversement[1].

Seul le degré de complication et de précision distingue les concepts scientifiques des concepts vulgaires. En effet un concept plus élevé peut contenir d'autres concepts comme caractères; toutefois même dans ce cas, il doit, pour avoir un sens dans la science de la nature, pouvoir se rapporter en dernière analyse à des expériences sensorielles. Dans la science aussi les concepts sont définis par *les réactions que l'on doit attendre de la classe de faits désignés par le terme*[2].

Ainsi le chimiste appliquera à un objet le concept « sodium », si c'est un corps mou, qui a quand on le coupe un éclat d'argent bientôt terni, s'il flotte sur l'eau en la décomposant violemment, etc., autant de caractères sensibles établis par des opérations manuelles ou mentales plus ou moins compliquées[3].

Le concept scientifique n'est pas une représentation achevée, mais une incitation, une impulsion à examiner au moyen d'opérations déterminées si une représentation donnée possède certaines propriétés (tels sont les concepts expérimentaux), ou à construire une représentation de propriétés déterminées (concepts constructifs, mathématiques). C'est un savoir potentiel et non immédiat qui est renfermé dans le concept.

L'*abstraction*, procédé formateur des concepts, consiste à faire ressortir par l'attention certains détails plus intéressants des phénomènes. L'abstraction pratiquée par le savant isole spécialement les circonstances *qui dépendent les unes des autres*, et néglige tout ce dont le phénomène étudié semble indépendant[4].

1. Conn. 136-139.
2. Conn. 141. « *Scientia* » 1910, XIV, p. 139.
3. Wärmel. 117.
4. Wärmel. 418-421. Conn. 146.

Comme s'il craignait, pour avoir défini le concept, de lui avoir donné trop d'importance, Mach s'empresse de rappeler que ce sont *les sensations* qui sont les éléments, les premiers moteurs, les ouvriers de la vie intellectuelle. Les concepts, eux, n'en sont que les organisateurs et les surveillants. Le rôle de ces intermédiaires est de nous conduire par la voie la plus commode à des représentations sensibles qui soient en accord avec les sensations. Ainsi *toute la vie intellectuelle part des sensations pour y revenir*[1].

Les concepts sont eux-mêmes issus des sensations ou plus exactement de l'*intuition*. Mach appelle intuition « tout le système des sensations coordonnées dans l'espace et le temps, que nous offre le sens de la vue, par lequel nous reconnaissons d'un coup d'œil la distribution des corps ou de leurs mouvements réciproques ». Les intuitions auditive et tactile sont beaucoup moins importantes que l'intuition visuelle. L'intuition étant organiquement plus ancienne et plus solidement établie que les concepts, il est toujours avantageux de soutenir par l'intuition la pensée abstraite. C'est ce que l'on fait par les nombreux procédés graphiques employés dans les sciences : courbes, schémas, enregistrement photographique ou phonographique des phénomènes, etc.[2]

L'*imagination* est la combinaison d'associations qui appartiennent à des événements différents de la vie. Le travail scientifique demande une imagination très forte, mais différente de celle de l'artiste. L'imagination scientifique n'associe pas seulement des images sensibles mais aussi des concepts, spécialement dans les problèmes théoriques[3].

1. Conn. 154, 155.
2. Conn. 159-163.
3. Conn. 164-165.

* * *

Nous avons vu comment Mach rattache les opérations intellectuelles de l'homme à celles des animaux, en marquant seulement des différences de degré. De la même manière il montre le passage progressif de la *pensée* humaine *vulgaire*, adonnée aux seuls intérêts pratiques, à la *pensée scientifique*.

Pour lui la pensée est un jeu spontané de représentations et de concepts, une activité, à demi consciente à l'origine, d'association et de comparaison, dirigée par l'intérêt vital de conservation. Peu à peu les pensées s'adaptent aux faits de façon à en donner une image suffisamment exacte pour les besoins de la vie. Puis quand les divers résultats de l'observation, correspondant à différents cas, ne sont pas concordants, l'intérêt biologique nous pousse à les corriger l'un par l'autre, pour niveler les écarts le plus avantageusement possible.

Ces deux processus d'*adaptation* ne sont d'ailleurs pas nettement séparables. Quand ils sont poursuivis consciemment et intentionnellement avec un but non plus immédiat ou pratique, mais médiat ou intellectuel, quand ils ne portent plus seulement sur des souvenirs intuitifs mais sur des concepts, quand leur résultat peut être exprimé par le langage et communiqué à tout le monde, alors le passage est franchi et la recherche scientifique commence.

L'adaptation des pensées aux faits, c'est pour mieux dire l'*observation* ; l'adaptation des pensées entre elles, c'est la *théorie scientifique*[1].

Successivement les penseurs Eléates et les Sophistes, les philosophes et les géomètres grecs, les Scolastiques et les savants modernes ont poursuivi ce travail de critique, d'assouplissement et d'enrichissement de l'in-

1. Conn. 174-177.

telligence. Ils n'ont pas seulement harmonisé des conceptions disparates, résolu des paradoxes, supprimé des contradictions, remplacé des conceptions plus particulières et moins sûres par d'autres plus générales et mieux établies, ils ont cherché aussi à simplifier les théories, à diminuer le nombre des idées directrices nécessaires, à embrasser sous un seul point de vue un grand ensemble de phénomènes. Nous retrouvons ici, après l'adaptation, l'autre leitmotif de la méthodologie de Mach, l'*économie*. Et il ne prend plus ce terme seulement dans son sens d'épargne, de moindre dépense, de meilleur rendement, mais aussi dans celui d'agencement bien ordonné et harmonieux. « L'arrangement économique, organique des pensées, que nous ressentons comme un besoin biologique, dépasse de beaucoup ce qu'exige logiquement l'absence de contradiction. » C'est un « besoin d'esthétique » qui rend nécessaire une élaboration plus harmonieuse.

La géométrie d'Euclide, système de jugements déduits logiquement d'un nombre minimum de jugements simples et indépendants, nous présente un modèle d'adaptation économique [1].

Etudions maintenant un peu plus en détail le *processus de la recherche scientifique*.

« L'unique source immédiate de la connaissance scientifique est la perception sensible. » Si une observation éveille notre intérêt, le mécanisme de l'association concentre déjà notre attention sur deux ou plusieurs éléments, qui nous apparaissent comme liés entre eux dans l'observation. Nous acquérons ainsi une première expérience grossière et instinctive. Elle nous apprend par exemple que l'eau coule, que la flamme brûle, que les corps lourds ne montent pas d'eux-mêmes. Quand cette expérience s'est enrichie, l'imagination entre en jeu. Le savant qui, à l'encontre de l'artiste, réfléchit

1. Conn. 179, 188, 191, 192.

toujours sur des faits réels, se représente néanmoins des combinaisons nouvelles de circonstances, et se demande quelles conditions déterminent un certain résultat. Il *imagine* mentalement la variation des faits. Il y a une « expérimentation mentale » qui précède et prépare l'expérimentation physique. La *méthode des variations* (de Stuart Mill) est à la base de l'une et de l'autre [1].

L'expérimentation mentale consiste ordinairement à élargir les limites dans lesquelles une représentation est applicable, en passant en revue tous les cas possibles, et à *généraliser* la conception du début par une *variation continue*. En voici un exemple célèbre : « Une pierre tombe à terre. Faisons croître sa distance à la terre. Il est tout à fait naturel d'admettre que la pierre, même située à la distance de la lune, ne perdra pas tout d'un coup sa tendance à tomber. Une grosse pierre tombe comme une petite. Si nous supposons la pierre devenue aussi grosse que la lune, la lune, elle aussi tend à tomber vers la terre... La lune et la terre ne diffèrant pas essentiellement des autres corps de l'univers, la gravitation est générale », etc.[2]

On peut aussi, par la pensée, faire décroître et finalement supprimer un ou plusieurs éléments, laissant agir seules les autres circonstances. C'est en imaginant que le frottement d'un corps mobile sur un plan horizontal diminue jusqu'à disparaître, que Galilée à découvert la loi d'inertie. Ce procédé est l'*idéalisation* ou la *schématisation*. Toutes les notions physiques généralessont acquises par idéalisation. Le triangle, le levier, le plan incliné, le courant électrique invariable sont des objets idéaux qu'on ne rencontre pas réalisés dans la nature [3].

1. Wärmel. 396. Conn. 205, 198, 199.
2. Conn. 200-202.
3. Conn. 204, 376.

L'expérimentation mentale conduit généralement à un résultat peu déterminé, au moins quant à la valeur numérique. Il faut alors recourir à l'*expérimentation physique*, qui sert de contrôle. Ce que l'expérimentation peut nous faire connaître, c'est la dépendance des éléments d'un phénomène : température, couleur, poids, durée, etc., etc. ou leur indépendance. Sa méthode consiste à faire varier un certain élément, d'où résulte la variation d'autres éléments. Ce qui rend la tâche difficile, c'est qu'en général les éléments sont groupés de telle façon que plusieurs d'entre eux varient simultanément. Alors il devient nécessaire de recourir à des combinaisons de variations. Quand le nombre de ces combinaisons possibles grandit, le travail serait pratiquement impossible, si une certaine expérience, acquise par les observations fortuites, ne nous donnait pas à l'avance une idée grossière des relations les plus importantes [1].

Il est très important d'écarter ce qui masque ou trouble la relation que l'on cherche. Les grands expérimentateurs savent éliminer les influences étrangères en simplifiant leur dispositif pratique. Ils trouvent même parfois dans les phénomènes tout ordinaires de la vie journalière les traces de relations importantes.

Quand un élément est trop difficile à déterminer directement, il y a des artifices expérimentaux par lesquels on peut le renforcer, le compenser, l'inverser, le combiner avec d'autres, lui substituer un élément connu équivalent, etc. Mach explique ces procédés par des exemples empruntés aux écrits de grands physiciens [2].

L'une des premières opérations instinctives de la pensée est la *comparaison*. L'observation la plus simple est accompagnée déjà de cet élément spéculatif qui

1. Conn. 213, 214.
2. Conn. 217-226.

consiste à la comparer avec le souvenir d'observations similaires. La comparaison entre représentations et entre concepts est indispensable à la formation du langage et en général à l'économie de la pensée (p. 173). Et l'on peut dire enfin que la comparaison est le plus puissant ressort interne de la science [1].

La comparaison fait apparaître des traits communs entre des faits différents, c'est-à-dire une *similitude* ou *identité partielle*. L'*analogie* n'est pas une similitude simple entre deux objets, c'est une similitude entre les rapports que présentent entre eux les caractères de deux objets. On peut dire que l'analogie est une *similitude abstraite* [2].

Par une comparaison répétée, ces traits communs acquièrent peu à peu une signification abstraite, c'est-à-dire deviennent des concepts (v. p. 175). Les jugements sur un fait qui n'emploient que ces moyens purement conceptuels sont une *description directe* du fait. Telle est la représentation des phénomènes par des forces ou par une substance. Par exemple on conçoit les faits de conduction calorifique (échauffement d'un corps froid par un corps chaud contigu) comme la répartition d'une substance, la chaleur, dont la quantité reste constante. Même le principe de conservation de l'énergie est une forme plus abstraite et plus générale de cette représentation substantielle.

Mais il y a des faits très vastes, qui nous intéressent et qu'on ne peut pas décrire directement. Si la comparaison nous apprend qu'un fait A de ce genre se comporte sous beaucoup de rapports comme un fait B plus simple et plus familier, nous pouvons donner une *description indirecte* de A au moyen de B. Ainsi la lumière se comporte comme un mouvement ondula-

1. Wärmel. 397.
2. Conn. 227.

toire, l'aimant comme s'il était chargé d'un « fluide pondérable », etc.[1]

On voit que toute *théorie physique* est une description plus ou moins indirecte. Et il ne faut pas croire que ce mot de *description* rabaisse aucunement la tâche du savant. Une théorie consiste toujours à reproduire des résultats de l'observation au moyen de faits sensibles ou de concepts plus connus. Nombreuses sont les théories physiques fondées sur des analogies ou des similitudes. Fourier représente un fait thermique, le phénomène du refroidissement, par une fonction géométrique, relativement plus simple. Il applique aux distributions de températures les rapports observés dans la vibration des cordes. Sa fameuse théorie de la propagation de la chaleur, développée par analogie avec l'écoulement des liquides, a d'autre part servi de modèle à d'autres, comme celle des courants électriques. L'analogie entre les équations de la propagation de la lumière et celles des ondes électriques, la théorie électromagnétique de Maxwell, est un autre exemple connu[2].

L'hypothèse est fondée sur la comparaison. Quand nous avons observé une identité entre certains caractères de deux objets, nous sommes portés à croire que cette identité se retrouvera entre leurs autres caractères. Instinctivement et involontairement la pensée continue l'observation en complétant, généralement par analogie, le fait observé. Un courant marin apporte des plantes exotiques, et Colomb pressent en imagination le pays lointain et encore inconnu d'où elles viennent. La formation des hypothèses scientifiques n'est qu'un perfectionnement de ces conjectures instinctives[3].

1. Wärmel. 398.
2. Conn. 310, 234. Wärmel. 402, 462.
3. Conn. 235, 237. Erk. 232.

L'hypothèse est l'ensemble des conditions qui rendent possible un fait. En mathématique l'hypothèse est ce qui est donné, la thèse ce qu'on en infère. Dans les sciences physiques inversement, on part d'un fait donné pour arriver aux conditions par un raisonnement régressif indéterminé. Dans ce cas l'hypothèse est une explication provisoire qui a pour but de faire comprendre plus facilement les faits, mais qui échappe encore à la preuve par les faits[1]. Telles sont les explications de phénomènes physiques par attraction ou autres actions à distance, l'hypothèse de l'éther, etc.

Le rôle essentiel d'une hypothèse est de nous conduire à faire de nouvelles observations, qui puissent confirmer ou contredire notre supposition. Par sa nature l'hypothèse est destinée à être modifiée au cours de la recherche, et adaptée aux nouvelles expériences. L'hypothèse renferme ordinairement des éléments qui ne sont pas nécessaires à l'exposition des faits, car elle est formée d'après une analogie dans laquelle les différences et les ressemblances sont incomplètement reconnues. Par l'élimination de ces éléments superflus, l'hypothèse se rectifie et aboutit finalement à la simple expression abstraite des faits. Elle cesse alors d'être une hypothèse. Dans la science qui se fait — et cela même en mathématique — l'emploi conscient d'images intuitives pour concevoir les faits est très profitable ; mais dans la science achevée, toutes ces descriptions indirectes doivent être remplacées par des descriptions directes. Newton se distingue par la richesse de ses conjectures, et cependant il disait : *Hypotheses non fingo*. C'est qu'en général il parvient à réduire progressivement ses suppositions à l'état de simples expressions du résultat de l'analyse des phénomènes[2].

1. Conn. 240.
2. Conn. 241, 242, 247. Wärmel. 401.

Quand une proposition scientifique, résultant de l'observation, ne semble pas s'accorder avec d'autres observations, un *problème* se pose. On ne résout pas tous les problèmes qui se présentent au cours du développement de la science. Beaucoup sont abandonnés et c'est un progrès essentiel que de supprimer les questions mal posées. Telle est celle du mouvement perpétuel. Mais si un problème est soluble, il l'est de deux façons : par analyse ou par synthèse. Nous devons ces deux méthodes générales aux philosophes géomètres de la Grèce. On peut les appliquer aussi bien à la recherche du nouveau qu'à la démonstration de ce qui est déjà trouvé.

La *synthèse* ou *méthode progressive* va de la condition au conditionné ; une démonstration est synthétique si l'on part de vérités démontrées pour arriver à ce que l'on cherche. Quand le théorème peut être déduit ou expliqué, grâce à une série d'intermédiaires, par des propositions qui expriment des faits déjà connus, c'est que nos idées étaient déjà mieux adaptées que nous le supposions. Elles s'accordaient avec le nouveau théorème, seulement cet accord n'était pas évident. Tous les problèmes faciles se résolvent de la sorte par déduction synthétique[1].

L'analyse ou *méthode régressive*, due à Platon et perfectionnée par Newton, remonte du fait donné à ses conditions. Un théorème est démontré analytiquement quand on suppose le problème résolu, c'est-à-dire qu'on s'imagine réunis ce que l'on cherche et ce qui est donné, et par les conséquences que l'on tire de cette supposition, on aboutit à des vérités démontrées. Si nous ne trouvons pas de principes connus avec lesquels une observation puisse s'accorder, nous devons chercher de nouvelles propositions fondamentales.

1. Conn. 253, 257, 263.

Nous cherchons la condition dont dépend directement le fait, puis la condition de cette condition et ainsi de suite. Le caractère essentiel de la nouvelle conception à laquelle nous sommes conduits est de tenir compte de circonstances auparavant négligées. Ainsi l'ascension de l'eau dans les pompes malgré la pesanteur est expliquée par une circonstance jusqu'alors inaperçue : la pression atmosphérique.

Mach montre par de nombreux exemples que les plus grandes découvertes ont été faites par la voie de l'analyse. La recherche analytique des conditions que suppose un fait donné est un travail beaucoup moins déterminé que la recherche des conséquences de conditions fixées, aussi ne se fait-il que par tâtonnements à l'aide d'hypothèses. On imagine provisoirement des conditions intuitives d'espèce connue, on modifie ces hypothèses jusqu'à ce que leurs conséquences s'accordent exactement avec le fait donné. Quand on a écarté des hypothèses tout ce qui est superflu, on a fini l'analyse[1].

Le passage de l'hypothèse ou de la condition générale au fait particulier est un *syllogisme*. Aristote appelle ainsi l'inférence d'un jugement général à un jugement particulier que le premier détermine. Inversément si l'on part de jugements particuliers pour aboutir à un jugement général qui les rassemble, on fait une *induction*. Les jugements dont l'ensemble forme une science sont parfaitement adaptés les uns aux autres sans contradiction, quand ils se déduisent les uns des autres d'après ces deux modes de raisonnement.

Stuart Mill a montré que le syllogisme ne crée aucune connaissance nouvelle, mais se borne à mettre en lumière la dépendance réciproque des jugements.

Quant à l'induction elle est de deux espèces. Si tous les individus C_1, C_2, C_3 d'une classe B de concepts

1. Conn. 258, 264-267. Pop. 420. Wärmel. 449.

rentrent dans le concept A, on peut dire que B tout entier rentre dans A. C'est là une *induction complète*. Cette forme de raisonnement, pas plus que le syllogisme, n'élargit nos connaissances. En rassemblant les jugements particuliers en jugements généraux, on leur donne seulement une forme plus abrégée.

Si nous ne pouvons apporter la preuve pour tous les individus C_1, C_2, C_3, et si nous concluons pourtant « B est A », sans avoir passé en revue tout le contenu de B, nous avons une *induction incomplète*, et la conclusion n'est nullement justifiée d'une façon parfaite. Mais nous sommes portés à y croire et pouvons au moins l'admettre provisoirement. La plupart de nos jugements généraux nous sont fournis par une induction incomplète, et il n'y en a qu'un petit nombre qui reposent sur une induction complète (ces derniers surtout en mathématiques). Ces inductions demandent à être vérifiées directement par l'expérience, ou indirectement en reconnaissant par leurs conséquences si plusieurs inductions sont compatibles entre elles ou non. Les propositions générales résultant de l'induction doivent donc être justifiées après coup par la déduction[1].

Si ni le syllogisme ni l'induction ne créent aucune connaissance nouvelle, il est surprenant que la plupart des savants qui se sont occupés des méthodes de la recherche scientifique désignent cependant l'induction comme la principale et parlent, à tort, de « sciences inductives ». Comme si les sciences n'avaient d'autre tâche que de classer et rassembler des faits qui sont individuellement donnés ! Cette tâche a une importance incontestable, mais elle n'absorbe pas toute l'activité du savant[2].

Le savant part de l'observation, base et source de toute

1. Conn. 300, 303, 305. Erk. 304.
2. Conn. 307.

connaissance nouvelle. Dans le fait observé il distingue une liaison des éléments auparavant inaperçue. Il y porte une attention particulière, il la fait ressortir en négligeant les autres circonstances. Il fait ainsi une *abstraction*. Ce processus n'a rien à voir avec l'induction, mais on l'a confondu avec elle, parce que l'observation de beaucoup de faits, présentant certains caractères communs, nous conduit plus facilement que l'examen d'un seul fait à en concevoir d'une façon abstraite les caractères stables, et que ce procédé présente avec l'induction une certaine ressemblance. Dans cette transformation de l'observation particulière en quelque chose de plus général, la volonté joue un certain rôle. Par l'hypothèse le savant se hasarde ensuite à prévoir un certain résultat possible, qui doit être enfin contrôlé par l'expérimentation méthodique. Celle-ci réagit à son tour sur les conceptions. « L'échange continuel, la liaison étroite entre la déduction et l'expérience fait la fécondité de la science moderne[1]. »

***

Dans la conception que Mach se fait de la méthode d'investigation scientifique, on vient de voir qu'il assigne au raisonnement logique et à la volonté un certain rôle. Mais il a soin de ne pas l'exagérer et de marquer en revanche la part des facteurs non méthodiques dans les découvertes.

Le rôle du *hasard* par exemple dut être essentiel, dit-il, dans les conquêtes de la préhistoire : l'usage du feu, la poterie, les premiers outils, la monnaie, l'écriture. Il fut certainement très important aussi dans les grandes inventions de notre ère, telles que la poudre à canon ou la lunette d'approche. « Le hasard psychique assemble des pensées, qui peut-être étaient

1. Conn. 307, 308, 309. Pop. 305. Wärmel. 451.

depuis longtemps ensemble dans la tête d'un individu sans réagir l'une sur l'autre. Dans la genèse et la solution des problèmes, le hasard n'est pas un accessoire ; il tient à la nature des choses[1]. »

Ce n'est pas suivant le schéma aristotélicien ou baconien de l'induction (par énumération de cas concordants) que les *découvertes scientifiques* sont réalisées. Il y faut la pression d'un intérêt intellectuel ou pratique, la capacité de relier dans sa mémoire d'assez longues séries d'idées, et surtout la faculté d'apercevoir, de discerner du nouveau (erschauen)[2].

Arago remarque que les oscillations de l'aiguille aimantée sont amorties par un manchon de cuivre (point de départ de l'étude des courants d'induction). Kirchhoff observe que la raie D du spectre solaire est renforcée par une lampe à sodium (point de départ de l'analyse chimique spectroscopique). Voilà deux découvertes fécondes dues à la fois à des circonstances fortuites et à une attention sensorielle particulièrement intense chez l'observateur[3].

La méthode commune aux grands investigateurs est d'étudier d'abord profondément les divers aspects du problème, et de méditer ensuite longuement autour d'une idée directrice. Il s'opère alors dans l'imagination associative une sélection graduelle des idées, et celle qui est juste surgit finalement d'elle-même. Le *génie* se distingue ici du chercheur vulgaire par la finesse et la justesse de ses pressentiments, la sensibilité et la rapidité plus grandes de ses réactions cérébrales[4].

1. Pop. 293. Conn. 254.
2. Wärmel. 445.
3. Pop. 301.
4. Wärmel. 443. Pop. 309-311.

*
* *

Quand dans un complexe (relativement stable) d'éléments sensibles nous trouvons une relation entre certaines réactions, nous acquérons une connaissance scientifique. Si cette relation est qualitative, on ne peut la fixer que par le langage, et il est ordinairement très difficile d'en donner une expression générale assez fixe et assez sûre pour l'usage commun. Un certain rouge et un certain vert spectral donnent du blanc : voilà une *relation qualitative*. Au contraire la relation entre l'angle de réfraction et l'angle d'incidence est quantitative. Ces deux angles ne sont pas si différents l'un de l'autre que le rouge et le vert ; ils se laissent décomposer en éléments égaux et ne diffèrent l'un de l'autre que par le nombre de ces éléments. La *relation quantitative* est un cas particulier plus simple de la relation qualitative. Si la physique a atteint un développement plus avancé que la physiologie, cela tient simplement à ce que les faits dont elle s'occupe peuvent être « décrits par des nombres » et ramenés ainsi plus aisément à une expression d'ensemble[1].

Qu'est-ce que le nombre ? Le *concept de nombre* a pour origine le besoin de perfectionner la capacité — qu'a déjà le jeune enfant — de différencier de petits *groupes* inégaux d'objets. Par des expériences répétées en changeant les objets groupés, on est amené à concevoir qu'une certaine réaction (le nombre) est indépendante de la nature des objets. La numération commence quand on fait correspondre à chaque élément du groupe un élément d'un autre groupe auxiliaire très familier : les doigts de la main. Les noms des doigts finissent par constituer les noms des nombres.

Quand les doigts des deux mains ne suffisent plus

1. Conn. 313-214, 315. Wärmel. 446, 458.

au classement, on compte les groupes de dix comme étant à leur tour les éléments d'un groupe d'ordre plus élevé, et ainsi de suite. La numération décimale constitue un système de signes d'ordre, indéfiniment applicable sans difficulté. Tout nombre contient en puissance la représentation de tous les nombres précédents et son nom a l'avantage de faire reconnaître nettement sa position entre deux éléments déterminés du système [1].

« En appliquant aux nombres eux-mêmes le dénombrement, on engendre l'arithmétique et en suite toute la mathématique. »

Les opérations du commerce, achat, vente, entraînent le développement de l'arithmétique, l'addition, la multiplication. Le partage de l'unité est suggéré par les objets qui présentent des parties naturelles, comme certains fruits. En partant des nombres entiers la division conduit à créer les nombres fractionnaires, la soustraction les nombres négatifs, l'extraction des racines les nombres irrationnels, etc. Quant à l'algèbre, ses symboles ne désignent aucun nombre particulier, et appellent l'attention exclusivement sur la forme des opérations [2].

Les applications de la théorie des nombres sont relativement simples quand il s'agit d'objets discrets, équivalents entre eux à un certain point de vue (point de vue qu'on pourrait, avec M. Naville, appeler *quotitatif* [3] ; mais Mach n'emploie pas ce terme). Mais beaucoup d'objets de la recherche, comme l'étendue dans l'espace et dans le temps, l'intensité des forces, etc., n'offrent pas immédiatement des groupes d'éléments équivalents qu'on puisse directement compter. On peut il est vrai, les diviser de bien des façons en parties égales, celles-ci à leur tour en parties, etc. Seulement

1. Conn. 317-319.
2. Wärmel. 68. Conn. 319-323.
3 Ad. Naville, *Classification des sciences*, p. 56.

on doit choisir arbitrairement la grandeur des dernières parties. Le dénombrement de ces parties, c'est la *mesure* [1].

Pour effectuer la mesure des grandeurs physiques, on doit choisir un objet de comparaison qui sert d'*unité de mesure*, et fixer comment sera déterminée l'égalité d'un autre objet et de l'étalon. Nous prenons comme égaux dans une certaine relation, des objets qui peuvent se remplacer sans que le résultat varie. (Deux poids sont égaux si, placés l'un après l'autre sur le même plateau de la balance, ils produisent la même inclinaison du fléau.) A cause de l'imperfection de nos sens, cette équivalence ne peut être réalisée qu'avec une précision limitée. Le nombre qui donne, comme résultat de la mesure, le rapport entre l'objet à mesurer et l'étalon, souffre lui aussi de cette inexactitude. Cependant c'est un grand avantage de la recherche quantitative, que l'influence de l'observateur, la qualité particulière de son impression y sont éliminées autant qu'il est possible, puisque dans les mesures on ne fait que comparer des ressemblances qualitatives et constater que deux choses sont égales ou inégales [2].

Quand on a mesuré les quantités qui interviennent dans une série de cas physiques de même espèce, on peut décrire un groupe étendu de faits sous forme de tableaux numériques. Souvent on réussit à substituer à ces tableaux, avec grand avantage, une simple règle de calcul reconstructive. Si l'on considère les grandeurs mesurables comme formées de très petits éléments, et qu'on étudie leurs petites variations, on peut exprimer toutes ces règles de calcul sous forme d'*équations différentielles*, et il suffit d'un petit nombre de ces équations pour représenter tous les faits imaginables, mécaniques, thermiques, électromagné-

1. Conn. 323. Erk. 334.
2. Conn. 324, 325, 316. Anal. 282.

tiques, etc. Bien que l'application de ces équations, dans des cas spéciaux, réserve encore de grandes difficultés, on peut dire, que la « description par les nombres » est la plus claire, la plus simple, la plus maniable. Elle peut atteindre un degré extrême de finesse. C'est à cause de ces avantages évidents que les savants s'efforcent de réduire peu à peu toutes les recherches qualitatives à des recherches quantitatives [1].

Il faut remarquer qu'en appliquant la mesure à un objet, nous perdons en quelque sorte le contact sensible immédiat avec lui. L'étalon, les opérations de mensuration prennent la place des sens et de la perception. Et comme la technique de la mesure repose sur la technique de la numération, le nombre à son tour vient remplacer la mesure. Or on n'a pas le droit de croire que toutes les opérations auxquelles se prête le signe, le nombre, doivent s'appliquer aussi nécessairement à la chose signifiée, à l'objet mesuré (On a mis beaucoup de temps, par exemple à se rendre compte que la température n'est qu'une caractérisation toute conventionnelle de l'état thermique par un nombre) [2].

Rien ne s'opposant à la subdivision à l'infini du nombre, on est porté à admettre que l'objet mesuré aussi est divisible à l'infini. Cela nous conduit au concept de *continu*.

« On entend par *continu* un système d'éléments possédant une qualité A à des degrés divers, et tel qu'entre deux éléments quelconques présentant une différence finie de A, s'insère un nombre infini d'éléments, dont chacun offre une différence infiniment petite de A avec ceux qui l'avoisinent. »

Aucun système concret, temps, espace, série des couleurs du spectre, ne répond absolument à cette définition abstraite. Car rien d'infini n'est donné à la

1. Conn. 314, 316. Wärmel. 458.
2. Wärmel. 76, 56.

sensibilité ; pour elle il n'y a de point mathématique ni dans l'espace ni dans le temps. Le nombre lui-même, créé d'abord pour dominer le discontinu, est impuissant à l'égard d'un continu supposé inépuisable. C'est là l'origine des paradoxes de Zénon et des difficultés logiques concernant les nombres irrationnels et le calcul infinitésimal [1].

Mais il existe des séries où la différenciabilité croît à mesure qu'on s'éloigne d'un élément initial, et où le passage d'un élément discernable à un autre est graduel, sans saut perceptible. En pratique nous prenons pour continu tout système dont les plus petites parties perceptibles présentent à l'observation des propriétés analogues à celles des plus grandes. Ce qui apparaît ainsi comme continu pourrait très bien consister en éléments discrets, pourvu que ceux-ci échappent par leur petitesse à nos procédés de mesure. Seule l'expérience décide de la question. Avec cette réserve, on peut maintenir la notion de continu à titre de *fiction* commode [2].

***

Les vues principales de Mach sur l'*espace* et le *temps* n'ont guère varié depuis le début de sa carrière. Nous avons vu que dès 1866 il caractérise assez nettement ce qu'il entend par les différents espaces : physiologique, géométrique, physique, et par sensation de temps et temps physique (v. Chap. II et III). Plus tard nous avons suivi ses recherches spéciales sur les sensations de forme, de position, de symétrie, sur les mouvements et la localisation dans l'espace à trois dimensions (Ch. VIII).

Dans ses derniers écrits il développe longuement ces conceptions, et sous l'influence de ses convictions évo-

1. Wärmel. 71, 74.
2. Ibid. 71. 77.

lutionistes, il insiste sur la genèse biologique des notions d'espace et de temps.

Aux excitations diverses qu'il reçoit du milieu, l'organisme répond par des réactions différentes qui assurent sa conservation. Mais la sensation fournie par un organe élémentaire, que nous appelons *l'impression sensorielle,* et le mouvement de réaction ne sont déterminés qu'*en partie* par la qualité de l'excitation : piqûre ou brûlure, couleur ou son. En effet deux brûlures identiques qualitativement, mais affectant deux places différentes de notre corps provoquent des mouvements de défense différents. On peut donc dire qu'*une autre partie* de la sensation dépend seulement de l'invidualité de l'organe élémentaire excité, et varie d'une place de la peau ou de la rétine à une autre. Nous l'appelons l'*impression organique,* et nous la considérons comme correspondant à la notion d'*espace*.

On peut dire que l'*espace physiologique* est un système d'impressions organiques coordonnées. Mis en jeu par des impressions sensorielles variables, il forme un *registre* permanent où viennent se placer ces impressions [1].

On a vu comment, selon Mach, l'espace *visuel* est construit au moyen des sensations des mouvements des yeux (p. 140). Des perceptions d'espace nous sont données aussi par la peau, selon la place excitée. La peau représente un espace à deux dimensions fini et fermé. Les sensations de mouvement des membres, bras, mains, doigts, nous donnent des renseignements sur une troisième dimension. La sensibilité tactile s'étend jusqu'au tympan et nous permet de reconnaître grossièrement l'orientation de l'ébranlement sonore. Les espaces physiologiques correspondants à nos différents sens, vue, toucher, ouïe, qui semblent indépendants au début, se

1. Conn. 333, 334. Anal. 149.

relient peu à peu par association et forment un système, où l'espace visuel est généralement prédominant. Les points de l'espace nous sont connus physiologiquement comme buts des différents mouvements que nous faisons pour saisir, pour regarder, pour marcher, etc. On peut dire que l'adaptation biologique réciproque la plus parfaite d'une multiplicité d'organes élémentaires se trouve exprimée d'une façon particulièrement nette dans la perception de l'espace [1].

L'*espace géométrique* abstrait a en commun avec le système de nos sensations d'espace, ou espace physiologique, le caractère tridimensionel et la continuité, mais il en diffère à plusieurs égards. L'espace géométrique est homogène dans toutes les directions (isotrope) et illimité. L'espace visuel est anisotrope et limité ; ses dimensions ne sont pas égales dans toutes les directions, puisque pour tout homme non prévenu et sensible à l'impression immédiate, le ciel est une voûte aplatie d'une grandeur finie. Les objets qui s'approchent rapidement de nous semblent se gonfler, et inversement se contractent en s'éloignant. Ce qui est en haut et ce qui est en bas, le proche et le lointain, comme aussi la droite et la gauche correspondent à des qualités de sensation différentes. Toutes ces particularités s'expliquent physiologiquement, et sont conformes à l'intérêt biologique. Elles ne nous frappent pas parce que nos sensations d'espace servent à guider nos mouvements, et qu'il n'arrive pas souvent que nous ayons à les étudier en elles-mêmes [2].

Comme nous pouvons déplacer arbitrairement notre corps dans son ensemble et l'orienter à notre guise, nous jugeons que nous pourrions exécuter les mêmes mouvements en tous lieux. Nous disons alors que dans

1. Conn. 329-334, 337. Anal. 153.
2. Anal. 148, 159. Conn. 336, 327, 328.

toutes les directions l'espace a la même constitution et qu'il est illimité. C'est ainsi que nous sommes conduits à la notion d'espace *euclidien*.

La *géométrie* naît quand l'homme vient à s'intéresser à ces complexes de sensations que nous nommons les corps extérieurs et à leurs relations dans l'espace. La simple perception ou estimation se montrant trop influencée par des circonstances physiologiques difficiles à contrôler, on cherche dans les corps eux-mêmes un repère. Les solides qui sont les corps les plus constants au point de vue spatial, apposés les uns aux autres, conduisent à la mesure. Le choix d'étalons convenus ouvre l'ère des mesures exactes. Tous les problèmes géométriques reviennent à dénombrer des espaces au moyen de corps connus égaux. Les premières mesures durent être celles de capacité ou de volume, puis celles de surface et de longueur. En faisant abstraction successivement d'une, puis de deux dimensions des corps, on arrive aux représentations idéalisées du *plan* et de la *droite*. La géométrie scientifique se donna la tâche économique d'épargner les mensurations superflues en déterminant la dépendance réciproque des mesures.

Comme nous ne dominons pas par notre pensée la nature, mais seulement nos propres créations mentales, les expériences géométriques fondamentales furent idéalisées en concepts, pour être plus maniables. Une fois conçus le triangle, le cercle, etc., rien n'empêche de retrouver des propositions géométriques, par simple expérimentation mentale, dans l'intuition qui est liée à ces notions idéalisées. C'est de façon analogue que l'on procède dans toutes les sciences physiques.

Intuition, expérience physique et idéalisation conceptuelle sont donc trois moments qui coopèrent dans la géométrie scientifique. Selon qu'on a donné plus d'importance à l'un ou à l'autre de ces moments, on a conçu différemment la nature de la géométrie[1].

Il faut remarquer que les propriétés de l'espace physiologique interviennent encore beaucoup en géométrie. Même en employant les coordonnées cartésiennes, nous distinguons encore des coordonnées positives ou négatives, suivant qu'elles sont comptées vers la droite ou vers la gauche, vers le haut ou vers le bas. Pourtant nous pouvons, en usant d'un quatrième plan de coordonnées, ou en déterminant un point par ses distances à quatre autres points, nous affranchir de tout recours à des considérations physiologiques[2].

Le concept d'*espace physique* ne s'est formé qu'avec de grandes difficultés, depuis Aristote, à travers les spéculations sur la *nature du vide*. Ceux qui comme Descartes confondaient la notion d'espace avec la notion de corps devaient nier l'existence du vide. Mais Guericke, Pascal et Boyle la prouvèrent par leurs expériences. La question fut alors de savoir si c'est vraiment à travers un *rien* que s'exercent les actions à distance telles que la gravitation newtonienne. Faraday et ses successeurs établirent l'existence dans le vide de forces électriques et magnétiques. Aujourd'hui on appelle le vide *éther* et on ne lui conteste plus des propriétés physiques très importantes qui lui sont attachées comme aux corps[3].

L'espace physique n'est pas isotrope comme l'espace géométrique. Pour certains corps cristallisés, ou pour un élément de corps où passe un courant d'induction, et qui se trouve ainsi entouré de lignes de force ayant un sens déterminé, les trois dimensions ne sont pas équivalentes. Peut-être cette anisotropie se trouve-t-elle déjà dans les organes élémentaires qui composent notre

1. Anal. 156-159.
2. Conn. 338, 339.
3. Conn. 357-364.

corps. Nous pouvons nous servir de notre corps pour orienter certains phénomènes physiques, comme dans la règle du bonhomme d'Ampère en électrodynamique. Cela indique un lien très profond entre le milieu physique et notre constitution physiologique, une *anisotropie commune* à l'un et à l'autre[1].

Mach va plus loin encore dans l'hypothèse : Les sensations, dit-il, qui sont les véritables éléments de notre monde, sont en rapport étroit avec des phénomènes chimiques, — ainsi les couleurs sont liées à des modifications chimiques dans la rétine. Aussi il est très possible que l'on parvienne une fois à comprendre l'espace, le nombre de ses dimensions, etc., par la *voie chimique*. On peut concevoir la mécanique analytique comme une géométrie analytique à quatre dimensions, la quatrième étant le temps. D'après cela on devrait songer à un système de quatre qualités (processus) chimiques mélangées en toutes proportions, qui expliqueraient le monde sensible.

« Ce ne sont là que des germes de pensée, ajoute-t-il, dont je ne puis dire s'ils sont susceptibles de développement[2]. »

***

Le lecteur se rappelle les recherches sur le sens du temps et du rythme (p. 16, 28) par lesquelles Mach établit que « nous ressentons immédiatement le temps ou la situation dans le temps », et que la base physiologique de cette sensation est l'usure nerveuse qui résulte dans le cerveau du travail de l'attention (p. 147).

Sur l'origine de l'intuition du temps, Mach pense qu'on ne peut plus douter qu'elle soit, comme celle de l'espace, déterminée par notre constitution héréditaire. Mais « en nous plaçant ainsi au point de vue de la

1. Conn. 365. Pop. 507.
2. Wärmel. 360, 361. Conn. 366.

théorie nativistique, nous n'affirmons d'ailleurs pas que les intuitions d'espace et de temps soient nettement et complètement développées au moment de la naissance, et nous ne renonçons pas à chercher l'influence des besoins biologiques sur leur développement[1]. »

L'animal, même s'il n'est pas réduit exclusivement à des mouvements réflexes, ne sort de son indifférence psychique que pendant la courte durée d'une action volontaire, tandis que l'attention de l'homme, au contraire, est assez souvent éveillée par des souvenirs (représentations). Cependant cette attention plus prolongée n'est pas constante, elle subit des oscillations. La durée d'une de ces phases de l'attention comporterait plusieurs secondes et s'étendrait à peu près à l'intervalle de temps physique, dont les limites sont estompées et difficiles à préciser, que nous saisissons physiologiquement comme *le présent*. A proprement parler c'est à cela que se limite l'intuition du temps. Elle est complétée par les souvenirs récents, plus pâles et fugaces, et les restes d'un passé plus ancien, reliés par le fil de l'association et qui apparaissent toujours sous une perspective très raccourcie[2].

Le trait fondamental de nos représentations psychiques est de pouvoir ressembler à l'original au point de vue non seulement de la qualité des sensations, mais aussi de leur *distribution* dans l'espace et le temps. Un individu même inattentif ne voit pas dans sa mémoire les maisons avec leur toit en bas ; la suite des sons d'un morceau de musique n'est pas renversée par le souvenir, et un adagio ne devient pas un allegro. Cela prouve que, en dehors des éléments que nous appelons impressions sensorielles, il en est d'autres qui forment un *fond relativement fixe*, et qui empêchent que les images du souvenir ne subissent une déformation trop forte

1. Conn. 340, 342.
2. Conn. 347, 348, 342, 345.

dans l'espace et le temps. La suite des impressions dans le temps devient un *registre* où prennent place les autres qualités des événements que nous ressentons[1].

L'homme remarque dans son corps des processus dont la durée demeure constante : respiration, pulsations du cœur, pas, et il les compare, quant à la durée, avec d'autres phénomènes. (C'est en comptant ses pulsations que Galilée a reconnu que la durée d'oscillation d'une lampe d'église était constante, c'est-à-dire indépendante de l'amplitude d'oscillation, et ce fut le point de départ de ses autres grandes découvertes en mécanique.) Bien que dans certains états de notre corps, sommeil, fièvre, ivresse, ces phénomènes semblent avoir une durée différente, les oscillations d'un même pendule ont toujours la même durée, quand nous leur appliquons notre attention normale à l'état de veille. C'est ainsi que nous arrivons à concevoir *un temps qui s'écoule uniformément*[2].

Si deux phénomènes physiques bien définis, dont le début et la fin coïncident exactement, conservent cette propriété à tout instant (par exemple l'oscillation d'un pendule et l'angle dont la terre a tourné), nous pouvons employer comme unité de mesure du temps un processus de ce genre. C'est là-dessus que repose la *chronométrie physique*. Tandis que chacun a son intuition personnelle du temps qui n'est pas transmissible, les concepts chronométriques sont transmissibles à tous les hommes. C'est que, pour déterminer un temps par la mesure, le physicien appose au fait qui est lié à la sensation de temps des processus identiques pris comme étalon (oscillation pendulaire) et le résultat de la mesure est un nombre qui remplace la sensation de temps[3].

1. Conn. 344, 349.
2. Conn. 346, 349. Pop. 494.
3. Conn. 349, 350. Anal. 284, 285.

Les nombres qui mesurent le temps et l'espace interviennent dans toutes les équations de la physique. Si au point de vue physiologique, le temps et l'espace sont des espèces particulières de sensations, au point de vue physique ils sont des relations particulières de dépendance réciproque des éléments (sensations). Nous acquérons les concepts chronométriques par la comparaison des *phénomènes* entre eux. Le temps physique est la dépendance réciproque des changements. Nous pouvons dire que ce sont les *relations physiques immédiates* les plus simples qui s'expriment par des rapports de temps. Au contraire les concepts géométriques sont acquis par la comparaison des *corps* physiques (c'est-à-dire de complexes d'éléments sensibles) entre eux. Les rapports d'espace expriment donc des *relations physiques indirectes*[1].

Mais la mesure du temps se réduit généralement d'abord à une mesure d'espace (arc parcouru par une aiguille sur un cadran, etc.) et celle-ci seulement ensuite à un nombre. D'autre part on ne peut pas faire abstraction du temps quand on transporte les corps pour les comparer géométriquement. L'espace et le temps sont dans un rapport très intime et se montrent relativement indépendants des autres éléments physiques. C'est ce qu'on voit dans un corps en mouvement dont toutes les autres propriétés demeurent constantes, et c'est ce qui permet la constitution de la géométrie du mouvement (cinématique)[2].

Le temps ne s'écoule que dans un seul sens. *L'irréversibilité* du temps se réduit au fait que les changements de valeur des grandeurs physiques n'ont lieu que dans un sens déterminé. Pour qu'un changement se produise, pour que quelque chose arrive, il faut qu'une différence existe, dans la température, la pression, la

1. Conn. 351, 357.
2. Anal. 284, 280.

constitution chimique, etc. Toutes ces différences vont toujours *en diminuant*, en s'égalisant, et non en augmentant. Il peut arriver que certaines différences augmentent, si le phénomène est accompagné de la diminution d'autres différences plus importantes ; mais nous n'observons jamais qu'une différence augmente spontanément sans une compensation quelconque. Les phénomènes oscillatoires, considérés exactement, ne sont pas *purement* périodiques, et ils contiennent toujours des éléments irréversibles. Si les différences tendaient à augmenter, les changements iraient à l'infini, sans terme. Cette idée est contraire à l'image familière que nous nous faisons du monde. Une maison en flammes se consume et ne se reconstruit pas. Nous ne voyons jamais un être vivant rajeunir et rentrer dans son germe. Nous sentons que de telles imaginations, réalisables seulement par le cinématographe, sont des impossibilités physiques, physiologiques et psychologiques. On peut rattacher ces considérations au deuxième principe de thermodynamique, qui exprime aussi l'irréversibilité du temps [1].

Si nous prenons pour horloge le mouvement de la terre, tous les autres changements que nous lui comparons se montrent dépendants de celui-là. Pendant que la terre accomplit par exemple 1/86400 de sa rotation diurne, dans le même temps la lumière parcourt la distance de 300.000 kilomètres, un corps qu'on abandonne à lui-même tombe de 4,9 mètres, un pendule long d'environ un mètre exécute une oscillation simple, les processus chimiques ou thermiques franchissent une étape déterminée, etc. Et cependant, quel rapport ces phénomènes ont-ils avec la rotation terrestre ?

Il convient de faire ici une distinction. Comme la masse de la terre ne se modifie pas sensiblement et

1. Pop. 499. Conn. 352, 353.

qu'elle détermine la chute des corps et l'oscillation pendulaire, on comprend que la coïncidence de l'espace de chute et de l'oscillation reste constante ; avec un changement de la masse de la terre, l'un et l'autre changeraient conjointement. Mais nous devons considérer comme indépendantes l'une et l'autre la vitesse de rotation angulaire de la terre et la propagation de la lumière, et c'est seulement à cause de la constance remarquable de ces deux processus que nous pouvons les regarder comme *fortuitement mesurables* l'un par l'autre. Il y a de même concomitance d'allure et non pas dépendance immédiate entre un phénomène de refroidissement sur la terre et un changement astronomique — car la révolution d'un satellite de Jupiter par exemple peut aussi bien servir d'horloge que la rotation terrestre. Si pendant que nous observons le satellite, sa vitesse venait à changer par suite d'un choc avec un météorite, personne ne croira que les mêmes valeurs de température correspondraient encore aux mêmes valeurs angulaires [1].

La dépendance effective, sinon la dépendance immédiate, de tous les événements à l'égard de la situation d'un corps du monde stellaire nous garantit la cohésion de l'univers entier.

Mach pense qu'il faut conclure de ces considérations « que nos affirmations sont provisoires, car elles reposent en partie sur notre ignorance concernant certaines variables indépendantes qui sont déterminantes et nous échappent ». « Si le but du mouvement du monde

1. Pop. 495, 496. Anal. 75. Conn. 354.

Une contradiction apparaît ici avec l'assertion précédente : que les rapports de temps expriment des relations physiques *immédiates*. Dans ces vues sur le temps, l'espace et leur relativité, Mach s'oppose à Newton (v. p. 72 ss.), il se rattache expressément à la tendance de Faraday, et il est un précurseur de Lorentz et d'Einstein. Vu l'extrême difficulté du sujet et la nouveauté des conceptions de Mach, nous ne pouvons pas nous attendre à trouver dans toutes ses expressions une clarté et une cohérence irréprochables.

nous demeure inconnu, c'est seulement parce que la portion que nous pouvons observer a des limites étroites que notre science ne dépasse pas[1]. »

Cette *indétermination* reconnue est d'ailleurs parfaitement compatible avec l'établissement de déterminations précises sous certaines conditions données. « Quant à l'indéterminisme au sens ordinaire, ajoute Mach, c'est-à-dire le libre arbitre comme l'entendent maints philosophes et théologiens, cette idée m'est tout à fait étrangère[2]. »

***

L'homme vivant constamment dans le même cercle remarque des relations constantes entre les corps; par exemple que le sel fond dans l'eau. Ces permanences de relation n'ont d'abord que le sens de coïncidence spatiale et temporelle, avant d'avoir celui de causalité. Mais tout n'arrive pas avec une régularité parfaite sans perturbations. Il se produit des changements inattendus qui nous amènent à nous poser les questions : Pourquoi les événements sont-ils tantôt semblables, tantôt différents ? Quelles sont les choses invariablement liées entre elles ? Quelles sont celles qui s'accompagnent fortuitement ? Cette distinction nous conduit aux concepts de cause et d'effet. Nous nommons *cause* un événement auquel est lié un autre événement : l'*effet*[3].

La connexion des événements est jugée très diversement selon les circonstances. Tantôt elle est à peine ressentie, tantôt elle apparaît revêtue d'une force contraignante. On prétend que les faits de la physique sont dans une relation de *nécessité*. Quand on a constaté qu'un fait A a certaines propriétés B, on ne peut pas

1. Conn. 362. Anal. 286.
2. Anal. 287.
3. Conn. 272, 274.

en même temps l'affirmer et en faire abstraction : c'est une nécessité logique. Mais cela n'implique pas que la propriété B appartienne nécessairement à A. Cette connexion est donnée exclusivement par l'expérience. Il n'existe qu'une nécessité *logique*, mais pas de nécessité physique[1].

Il n'y a pas lieu de croire que la notion de causalité soit innée. Assurément l'organisme apporte déjà quelque chose d'inné : l'excitabilité réflexe, le système des sensations d'espace et de temps, les énergies spécifiques de tous les sens. Mais en ce qui concerne la causalité, les liaisons organiques, bases des associations possibles, peuvent seules être innées, car les associations elles-mêmes sont acquises par l'individu.

L'habitude et l'attente instinctive de certaines permanences se transforment par une évolution naturelle en une supposition méthodique et consciente ; elle devient un postulat nécessaire de la recherche scientifique[2].

Il est impossible de prouver la justesse de la thèse *déterministe* ou *indéterministe*. Il faudrait que la science fût ou complète ou impossible pour que la question fût tranchée. Pendant qu'ils font des recherches, tous les savants supposent qu'il existe certaines permanences, mais cela n'implique pas que cette supposition soit infaillible. Un fait d'expérience ne se répète jamais deux fois exactement dans les mêmes conditions. Chaque découverte nouvelle révèle des lacunes dans nos connaissances, et nous montre qu'il existe d'autres relations négligées jusqu'ici. Il faut donc que le savant qui professe forcément le déterminisme en théorie, reste pratiquement indéterministe, notamment s'il ne veut pas renoncer aux découvertes les plus importantes. Peut-être n'y a-t-il pas de stabilité parfaite des faits. En

1. Wärmel. 437.
2. Conn. 273, 277.

tout cas la stabilité est suffisante pour que nous puissions fonder une science utile [1].

Quand les sciences sont très développées, elles emploient de plus en plus rarement les concepts vulgaires de cause et d'effet, qui sont incomplets et imprécis. En effet on ne prend généralement comme cause et effet que deux parties plus frappantes d'un phénomène, et l'analyse plus exacte montre presque toujours que la prétendue cause n'est que le complément de tout un complexe de circonstances, qui déterminent l'effet. Aussi ce complément est-il très différent, suivant que l'on tient compte de telle ou telle partie du complexe ou qu'on la néglige. Dès qu'on arrive à caractériser les faits par des grandeurs mesurables, la notion de *fonction* permet de représenter beaucoup mieux les relations des éléments entre eux, soit que les éléments dépendent immédiatement les uns des autres, soit médiatement par des chaînes d'intermédiaires. Les équations physiques le font bien comprendre. Là chaque élément étant fonction des autres, les concepts de cause et d'effet sont interchangeables, et ils deviennent superflus [2].

Pour accomplir sa tâche, le savant a la notion de fonction et la méthode des variations. Ce qu'il lui faut encore, la connaissance spéciale de son sujet le lui montrera, et on ne peut donner pour cela de règles générales [3].

1. Conn. 277, 278.
2. Conn. 274-276, 279.
3. « Un maçon tombe d'un toit et meurt. Quelle est la cause de sa mort ? — Son imprudence, dira le patron. — Celui qui fait construire la maison, affirmera la famille. — La pluie, qui a rendu le toit glissant, allégueront ses camarades. — La dureté du trottoir, la hauteur de la chute, insinuera un malin. — Un médecin viendra et dira : c'est la fracture du crâne. Et chacun aura raison, l'un au point de vue médical, l'autre à celui des responsabilités civiles, etc. » (CLAPARÈDE, *Association des idées*, p. 39.)

Pour Mach la chute mortelle de cet ouvrier est un complexe de circonstances dont chacune est fonction des autres.

*
* *

Il ne peut y avoir de science que du permanent, car notre pensée ne peut reproduire économiquement que ce qui est stable et constant dans les faits. Nous appelons *substance* ce qui est *permanent inconditionnellement*. L'homme naïf tient pour constant sans conditions tout ce qui n'a besoin que des sens pour être perçu, et en première ligne les *corps* [1].

Pour Mach, ni les corps, ni les ensembles de faits comme ceux que les physiciens comprennent sous le nom d'électricité, de lumière, etc., ni la matière au sens ordinaire ne répondent à la définition de la substance. En effet la perception des corps est toujours liée à des conditions (activité des sens, etc.) et il ne faut pas, parce qu'elles sont généralement faciles à réaliser, les oublier. Il n'y a pas de fait spécifiquement électrique, puisque tous les faits physiques se réduisent finalement aux éléments constituants : couleurs, pressions, espaces, durées. Ces concepts substantiels reçus en physique, l'électricité, le magnétisme (et même les *atomes*) ont leurs avantages de commodité, mais ils ne sont pas les seuls justifiés. Leur inconvénient est de nous maintenir dans les mêmes points de vue traditionnels. Un progrès essentiel de la science consiste à réduire leur nombre [2].

L'expérience de la divisibilité des corps nous fait concevoir une substance, variable dans la répartition quantitative, mais dont la quantité totale resterait constante, et nous l'appelons la *matière*. Mais cela n'est pas non plus une permanence inconditionnelle. Il est vrai que la *masse* des corps de même nature varie toujours proportionnellement à la grandeur de leurs autres propriétés, poids, capacité calorifique, etc. Mais

1. Anal. 268. Wärmel. 523.
2. Anal. 269. Wärmel. 429.

la masse n'est pas pour cela la « quantité de matière » (v. p. 70). Elle n'est qu'une des propriétés du complexe désigné sous le nom de matière. Les impressions de différents sens d'un homme et les sensations de différents hommes sont dépendantes les unes des autres suivant des lois. Voilà en quoi consiste la matière, et non en un « je ne sais quoi de rigide et de stérile[1] ».

La seule substance, c'est donc la constance du lien, la connexion fixe, la dépendance régulière des éléments entre eux, c'est-à-dire la relation qu'exprime la *loi* scientifique. C'est là la *notion de substance expliquée au point de vue critique*, qui remplace la notion vulgaire de substance ou de matière. Celle-ci est d'ailleurs utile dans la vie journalière; mais elle joue en physique scientifique le même rôle trompeur que la « chose en soi » en philosophie[2].

Il faut se résoudre à ce changement de conception, si l'on ne veut pas se retrouver toujours impuissant devant les mêmes problèmes. D'ailleurs on n'établit pas ainsi une métaphysique nouvelle; on ne fait qu'aller au-devant d'une exigence de la science positive[3].

Si Mach attribue aux lois naturelles et à elles seules la substantialité, c'est-à-dire la constance, il ne leur accorde pas le caractère de nécessité objective.

On croit d'ordinaire, dit-il, que les lois de la nature sont des prescriptions auxquelles les phénomènes sont forcés de se conformer. Mais réfléchissons que ces lois sont déchiffrées par nous, et que, en les tirant par abstraction des phénomènes eux-mêmes, nous ne sommes pas sûrs de ne pas nous tromper. Si nous constatons une infraction à ces lois, elle s'explique naturellement par une conception erronée de notre part, et

1. Wärmel. 426. Anal. 270. Méc. 191.
2. Conn. 158, 145.
3. Anal. 271.

l'idée que nous nous faisons de leur inviolabilité perd son sens et sa valeur[1].

Les lois naturelles sont des restrictions que, sous la conduite de l'expérience, nous prescrivons à notre attente des phénomènes. Elles sont un produit du besoin psychologique que nous avons de retrouver notre chemin dans la nature, de ne pas rester étrangers et embarrassés devant les phénomènes. Que nous la considérions comme une restriction de l'*action*, comme un *guide* invariable de ce qui se passe dans la nature, ou comme un *indicateur* pour notre représentation et notre pensée, une loi est toujours une limitation des possibilités.

La science peut être considérée comme une collection d'*instruments* nous permettant de compléter par la pensée des faits qui ne nous sont donnés qu'en partie, ou de limiter autant que possible notre attente dans les cas qui s'offriront à l'avenir[2].

Les faits ne sont pas forcés de suivre nos pensées; mais nos pensées, nos *attentes* se dirigent d'après d'autres pensées, notamment d'après les concepts que nous avons formés sur les faits. Plus les faits correspondent exactement à nos concepts, plus notre attente, conforme à ces concepts, sera, elle aussi, exactement déterminée.

Dans les sciences, ce n'est pas dans la réalité sensible, c'est seulement dans la théorie qu'il faut chercher l'exactitude absolue, la détermination univoque absolument exacte des suites d'une hypothèse. Tout le progrès tend à mouler plus étroitement la théorie sur la réalité.

Seule correspond à l'idéal de la *détermination univoque* une théorie qui représente, d'une façon plus simple et plus exacte que ne peut le faire l'observation.

1. Conn. 367.
2. Conn. 368, 369, 374.

les faits observés, toujours compliqués et influencés par des circonstances accessoires multiples [1].

Si les lois naturelles ne sont que des prescriptions purement subjectives, auxquelles la réalité n'est pas astreinte, sont-elles pour cela sans valeur ? Nullement, car si notre attente ne correspond à la réalité sensible que dans certaines limites, elle s'est pourtant montrée souvent exacte, et se montre de jour en jour plus exacte. En adoptant le postulat de la régularité des phénomènes naturels, nous n'avons donc pas fait une bévue, même si ce postulat n'est jamais vérifié d'une façon absolue, puisque l'expérience est inépuisable, et même s'il reste toujours un idéal, comme tout expédient scientifique [2].

1. Conn. 377, 379.
2. Conn. 381.

CHAPITRE X

La philosophie pratique de Mach
caractéristique personnelle

Naturisme. L'enseignement des langues mortes et l'enseignement scientifique. L'art. Tendance libérale en politique. Pacifisme. Internationalisme. Les injustices sociales. La religion. La morale. Rapprochement avec le Bouddhisme. Le type d'esprit de Mach. Caractéristique personnelle.

A côté des travaux de science pure, la psychologie de l'intelligence et la théorie de la connaissance scientifique tiennent une place si prépondérante dans l'œuvre de Mach, qu'on se demande s'il a pu trouver le temps de s'intéresser aussi aux problèmes de l'action et de la croyance, et de se constituer une philosophie pratique.

Les traits fondamentaux de sa nature qui ressortent de tout l'exposé précédent : tour d'esprit foncièrement intellectuel, prédominance apparente des facultés critiques sur la fantaisie et l'affectivité, tendance positiviste, ne l'éloignaient-ils pas de toute préoccupation relative au sens et au but de la vie et de la destinée humaine ?

Pour répondre de façon tout à fait complète à ces questions, il faudrait recourir à la correspondance privée de Mach, à des témoignages ou souvenirs personnels

que je ne possède pas. Mais à défaut de ces documents inédits, on trouve disséminés dans ses livres plusieurs passages concernant les questions pédagogiques, l'art, la politique, la morale ou la religion, qui nous renseignent suffisamment sur son attitude à l'égard des problèmes pratiques. Bien que discrètes et relativement rares, ces indications sont précieuses pour compléter le portrait spirituel de notre auteur. Ses considérations sur la politique et la société notamment, nous montreront qu'il y avait dans son caractère un fond de générosité, d'optimisme et de bienveillance humaine, qui ne lui était pas moins essentiel que le positivisme de son intelligence. Devant renoncer à suivre en tous points l'ordre chronologique, j'ai groupé donc toutes les vues de Mach *sur l'homme et sur la vie* dans ce dernier chapitre d'exposition, avant de conclure par une caractéristique de son esprit.

Entre l'enseignement scientifique et l'enseignement littéraire, il y a comme on le sait un vieux conflit toujours pendant, dans lequel Mach, fort de sa longue expérience de professeur, a voulu dire son mot. Mais derrière la question de programme scolaire se cache un débat théorique de plus vaste portée, qui met en opposition deux modes de pensée. Le premier est la pensée qui va de l'homme au monde; on pourrait l'appeler anthropocentrique. C'est le point de vue spontané et instinctif qui caractérise les esprits littéraires. L'autre va du monde à l'homme, c'est le point de vue naturiste et naturaliste, qui appartient ordinairement à l'esprit scientifique.

La pensée de Mach n'a point d'étroitesse, et toujours un certain équilibre, cependant il est résolument naturiste, ou du moins il est en réaction contre le point de vue opposé. Il ne manque pas une occasion de rappeler que « l'homme n'est qu'un morceau de la nature », et que nous apprendrons toujours davantage de la nature

entière, que de l'une de ses manifestations. Déjà dans un discours de sa jeunesse, en 1866, il disait, non sans humour :

« Qu'on me pardonne! mais un brin d'herbe ou de mousse avec ses petits habitants, a pour moi bien plus d'intérêt que tel morceau de littérature, avec sa divinisation de l'homme... Je dois l'avouer, je hais la friperie historique. Si je faisais un roman, son héros serait un hanneton, qui arrivé à la cinquième année de sa vie, prend son vol pour la première fois avec ses ailes toutes neuves. Il serait bon que l'homme apprît à sortir de son point de vue étroit et à se représenter celui d'autres êtres... On partage souvent les sciences en deux classes et l'on oppose aux sciences de la nature les sciences de l'homme, les « humanités », censées constituer une « culture supérieure ». Pour ma part je ne crois pas à cette dualité... Tout objet appartient à l'une et à l'autre science... On peut s'attendre que la cloison entre l'homme et la nature disparaîtra peu à peu, et que l'homme ne se contemplera plus seulement soi-même, mais envisagera la nature entière, vivante ou inanimée, avec moins d'égoïsme et un sentiment plus chaleureux[1]. »

La question des « sciences » et des « lettres » est traitée enfin avec plus d'ampleur et de précision dans une grande conférence intitulée : *De la valeur relative de l'enseignement philologique et de l'enseignement scientifique au point de vue de la culture*[2].

A l'époque où Mach parle (1886), les langues anciennes, le latin et le grec étaient encore les branches principales de l'enseignement secondaire, et obligatoires pour tout homme cultivé. C'est contre cette obligation pour tous que Mach s'élève. Voici en résumé son argumentation :

Les divers avantages de la culture classique gréco-

1. Pop. 97-99, 244.
2. Pop. 313-355.

latine ne sont pas contestables, mais on peut les obtenir par d'autres moyens. Notre civilisation se rattache assurément à celle des anciens, mais elle l'a dépassée et a pris une autre direction. Son centre de gravité est constitué maintenant par les sciences mathématiques, physiques et naturelles. Sans doute la connaissance de deux peuples anciens hautement civilisés et si différents des nôtres, élargit l'intelligence et rend le jugement plus libre. La lecture des auteurs grecs et latins est pour l'amateur une source fraîche et abondante de joie et de lumière :

« Qui n'aime à se rappeler les aventures d'Ulysse, et à prêter l'oreille aux récits naïfs d'Hérodote? Qui pourrait regretter d'avoir lu les dialogues de Platon et savouré l'humour divin de Lucien? Qui ne voudrait avoir jeté un regard sur la vie privée des anciens grâce à Plaute et à Térence [1] ? »

Et cependant sera-ce toujours chez les Grecs que nous irons chercher nos modèles ? Ils ont aussi leurs défauts : étroitesse de l'esprit de cité, superstition, perpétuelle interrogation des oracles, science verbale d'un Aristote, dialectique souvent stérile de Platon. Et les Romains : rhétorique pompeuse tout extérieure, dureté d'âme, cruauté, sensualité furieuse, platitude de leur philosophie, science d'un Pline, faite de contes de nourrice.

Ce qu'il y a de précieux dans les littératures de l'antiquité, ce qu'il convient que chacun en connaisse, de bonnes traductions, un enseignement d'histoire de la civilisation peuvent le donner bien plus rapidement que la lecture des textes. On dit que les écrivains classiques sont des modèles de goût. Mais faut-il qu'en présence des tâches sociales qui s'imposent aujourd'hui, toute notre jeunesse sacrifie une dizaine d'années d'efforts pour former son goût ? D'ailleurs chaque peuple

1. Pop. 323.

a son goût propre et ne doit pas le chercher chez les autres. L'imitation du style des anciens conduit trop souvent à employer la rhétorique d'avocat où elle n'a que faire.

On ne peut nier que les études philologiques, la connaissance des langues, développent le sentiment linguistique en général et la compréhension de la langue maternelle. Mais c'est un résultat qu'on obtiendrait encore mieux en étudiant une langue très éloignée des nôtres, comme le chinois, plutôt que le latin et le grec. Traduire exactement et correctement un texte latin est sans doute un assez joli tour de force, mais il n'est pas raisonnable de vouloir faire de tout homme cultivé un virtuose dans cet art. On pourrait très bien développer ce sentiment linguistique par l'étude et la philologie comparée des langues vivantes modernes.

La culture générale que donne l'enseignement classique ne consiste guère qu'en une certaine facilité à s'exprimer. « Si l'on voulait être méchant, on pourrait dire que nos gymnases élèvent des hommes qui savent parler et écrire, mais qui n'ont malheureusement pas grand'chose à dire [1]. »

Pour conclure sur la question du latin et du grec, Mach demande qu'ils demeurent au programme des futurs philologues, théologiens, historiens à qui ils sont nécessaires, mais que l'on en dispense, par option, les élèves qui se destinent aux autres carrières, médecins, techniciens, etc.

On sait que ce vœu a commencé à être réalisé dans les différents pays d'Europe, précisément vers l'époque où Mach l'a formulé, par la création de sections classiques et techniques dans les gymnases.

Les non-philologues ne renonceront nullement à posséder une culture générale. L'enseignement

1. Pop. 335

scientifique peut-il la leur donner ? Mach en est absolument convaincu. La science n'est pas toute utilitaire comme on le dit, elle élargit notre vision du monde, elle a sa poésie grandiose. L'astronomie, le monde des êtres vivants, la nature entière offrent des spectacles qui par leur grandeur et leur variété dépassent les créations de la mythologie. Une culture scientifique au moins élémentaire est nécessaire à quiconque ne veut pas se trouver étranger dans le monde où il vit.

L'enseignement scientifique n'apporte pas seulement des notions sur le monde, il forme aussi l'esprit, il donne une culture formelle. Les mathématiques apprennent surtout à *raisonner*, les sciences naturelles à *observer*. La pratique des sciences inculque l'habitude de déduire correctement (die Folgerichtigkeit), celle de remarquer la dépendance réciproque des faits; elle développe le sentiment de la causalité, lequel est rare chez les philologues. La résolution méthodique des problèmes scientifiques repose sur l'aptitude à discerner avec finesse les faits, et donne confiance dans l'exercice de l'intelligence. Mais il faudrait une méthode d'enseignement plus naturelle, qui mette toujours l'intuition sensible avant les abstractions.

En résumé Mach pense qu'un enseignement comprenant seulement des branches scientifiques produirait une *culture* formelle et matérielle, plus riche, plus appropriée à notre époque et *plus générale* qu'un programme de seules branches philologiques. D'ailleurs l'école n'est guère en mesure de donner une véritable et vaste culture générale ; mais elle peut en inculquer le besoin au cœur des élèves. Ceux-ci acquerront la culture dans leur âge mûr.

Comment Mach veut-il appliquer ces idées à la réforme du gymnase ? Sera-ce en ajoutant des heures de sciences au programme ? Tout au contraire. La matière d'enseignement suffisante pour tous les élèves est très

minime, et il faudrait dans les classes inférieures réduire considérablement le nombre d'heures tant de sciences que de lettres.

Rien n'est plus affreux qu'un enfant surmené et que les malheureux qui ont trop appris : ils ne possèdent, au lieu d'un jugement sain et vigoureux, que des formules stéréotypées.

Le gymnase ne doit pas former de petits philologues ni de petits physiciens ou botanistes. Il faudrait r enon cer à l'enseignement systématique des sciences et le remplacer par des lectures expliquées des grands classiques de la science. On ferait en quelque sorte revivre et expérimenter aux élèves quelques-unes des grandes découvertes. Une chrestomathie des chefs-d'œuvre de la science serait nécessaire.

L'uniformisation des gymnases par l'Etat a eu des avantages, mais aussi l'inconvénient de maintenir des préjugés une fois reçus, en particulier celui de la culture philologique.

Le système idéal que Mach entrevoit pour l'avenir se rapproche du système américain : des établissements d'instruction complètement indépendants de l'Etat et qui se feraient une libre concurrence. Ils seraient ouverts à quiconque possède la préparation nécessaire. L'Etat instituerait seulement des commissions de contrôle.

Un mot enfin sur le féminisme. Le mouvement féministe ne peut pas être arrêté. Il ne faut fermer aucune étude et aucune carrière aux femmes. On exagère beaucoup le danger de cette transformation sociale. Qu'il y ait un plus grand nombre de femmes cultivées, l'humanité ne peut qu'y gagner.

***

Ces idées sur la valeur relative des différentes branches d'études, intéressantes en elles-mêmes, nous

montrent aussi les goûts de Mach. Sa préférence pour les sciences était grande, et par contre-coup il avait moins d'intérêt pour les beaux-arts. On aura remarqué son opinion sur la culture du goût considérée comme un luxe. Il pensait qu'on peut apprécier suffisamment les écrivains anciens dans les traductions. Cela prouve qu'il ne prenait pas en considération les poètes et les artistes du style, foncièrement intraduisibles, mais plutôt les penseurs. On peut douter que Mach donne à *l'art* la place qui lui revient dans l'évolution de l'humanité, quand il dit :

« Comme la science, l'art est un produit accessoire, qui se développe quand les besoins sont satisfaits. On cherche d'abord ce qui est nécessaire, utile, approprié à un but. Si le résultat présente accessoirement quelque agrément, on recherche cet agrément pour lui-même. Les tissus tressés, avec le retour régulier de leurs formes, nous conduisent à l'ornement ; le rythme, utile dans certains cas, nous fait prendre goût à la mesure. L'arc, d'abord arme, devient lyre et harpe, etc.[1] »

Sans doute, dira-t-on, les hommes ne produisent pas d'objets d'art avant d'avoir satisfait aux nécessités les plus pressantes : nourriture, protection contre les éléments et les ennemis ; mais Mach semble omettre ce fait que l'art, associé à la religion, tient une place importante dans les civilisations les plus anciennes et apparaît en tout cas bien antérieurement à la science.

A propos de l'imagination, qui est nécessaire au savant, Mach écrit :

« On envisage généralement comme caractère de l'*imagination artistique*, la néoformation spontanée de ses créations qui exclut l'imitation pure et simple de la réalité. A cela s'ajoute la soudaineté avec laquelle une création s'offre à l'artiste, soit comme une hallucination directe, soit sous

1. Conn. 99. Erk. 85.

une forme très voisine de l'hallucination. Mais il ne faudrait pas prendre pour règle un trait qui est accidentel. Croit-on qu'un Beethoven ou un Raphaël aurait pu naître chez des sauvages ? Cette question fait aussitôt sentir que le caractère des créations de ces grands artistes est fortement dominé par l'art qui les a précédés. Après l'inspiration, de forme hallucinatoire, et qui dépend des expériences vécues par l'artiste, vient le travail d'élaboration qui ne se distingue guère de l'élaboration scientifique que par son caractère plus sensible, moins abstrait. Dans une symphonie de Schumann ou une poésie de Heine, on reconnaît les traces d'un art plus ancien. On accordera facilement qu'une bonne part du charme de ces chefs-d'œuvre se trouve dans les variations inattendues de vieux thèmes qui nous surprennent agréablement[1]. »

« Johannès Muller et Liebig n'ont pas craint d'affirmer qu'il n'y a pas de différence très profonde entre la manière d'opérer de l'artiste et celle du chercheur scientifique. Devons-nous regarder Léonard de Vinci comme un savant ou comme un artiste ? Un savant comme Lagrange ou Fourier est en quelque mesure artiste quand il expose ses résultats. D'autre part, un artiste comme Shakespeare ou Ruysdael, procède en investigateur avant de créer[2]. »

Il y a du vrai dans ces considérations de Mach, mais je ne sais si les esthéticiens en seront satisfaits. Le terme d'hallucination appliqué à l'inspiration artistique ne leur plaira guère. Il faut se rappeler qu'à part une étude sur la symétrie, qui se rattache aux recherches de sa jeunesse sur la vision, Mach ne s'est jamais occupé d'esthétique[3]. Ses remarques citées sur l'art ne sont que des digressions en marge de sa théorie de la création scientifique. C'est à celle-ci qu'il a voué tous ses efforts.

Mach avait pourtant une nature sensible à la beauté.

1. Conn. 180. Erk. 160.
2. Pop. 309.
3. Pop. 100-116.

Les critiques allemands s'accordent à louer les qualités de son style, limpide et aisé[1]. Dans sa jeunesse Mach était brillamment doué pour la musique. Avec l'âge cependant et faute d'exercice, son intérêt pour cet art, il l'avoue, avait beaucoup baissé[2]. Les natures les plus richement douées n'ont pas le temps, en une vie, de développer tous leurs talents. Il faut dire aussi que son intelligence curieuse avant tout de savoir positif le détournait de l'art pur. Il s'est plu à décrire plus d'une fois comment la physique scientifique s'est dégagée peu à peu des conceptions primitives mythologiques, et comment « l'impitoyable critique a dû anéantir d'innombrables fleurs de l'imagination[3] ». Mais il ajoute : « Quelque chose est plus grand, plus sublime, et même plus poétique que toute la poésie, c'est la réalité et la vérité[4]. »

***

Comme tous les esprits indépendants et généreux, Mach inclinait par nature au libéralisme politique. Les circonstances même les plus contraires au développement pratique de cette disposition, ne la firent pas disparaître. C'était d'ailleurs un héritage paternel. On a vu au Chapitre Ier que Mach avait respiré au foyer de ses parents un air de liberté. Il avait dix ans quand, en 1848, le souffle d'émancipation qui parcourait l'Europe atteignit même la somnolente Autriche de Metternich

1. Cf. EINSTEIN, Physikal. Zeitschr., 17, n. 7, p. 101, 102. — A. LAMPA (*Ernst Mach*, p. 54) fait une réserve qui est d'ailleurs un éloge : « La beauté de son style a eu parfois, chose curieuse, un effet fâcheux, celui de voiler le sens de sa pensée. Il faut se garder quand on lit les écrits de Mach de se laisser entraîner par l'aisance de sa diction, l'absence de difficultés de langue, à une lecture trop rapide. La pensée de Mach ne se révèle tout à fait, à travers ses phrases artistement formées, qu'à celui qui réellement la médite. » M. Brunschvicg a fait très justement une remarque toute semblable sur le style d'Henri Poincaré.
2. Anal., 167.
3. Conn., 113.
4. Pop., 325.

et la bouleversa pour quelques mois. La révolution viennoise de mars put laisser à l'enfant quelques impressions, car sa sœur a raconté dans ses *Souvenirs*[1], que leur maison campagnarde (à trente kilomètres de Vienne) reçut, elle aussi, la visite d'étudiants enthousiastes, coiffés d'immenses chapeaux calabrais ; qu'on vit ensuite cantonner des troupes dans les environs ; qu'un jour enfin, un vagabond en haillons vint y demander refuge pour une nuit. C'était un professeur viennois, ami du maître de maison et révolutionnaire fugitif de Hongrie. Le père de Mach connaissait plusieurs autres révolutionnaires, mais ne semble pas avoir pris part lui-même au mouvement. On sait que la révolution fut bientôt étouffée par les armes et que la réaction absolutiste et cléricale sévit ensuite pendant dix ans dans l'Empire. Mach adolescent (vers 1854) se plaignait à son père des exercices rituels obligatoires dans son gymnase.

Si plus tard il prit position assez nettement contre l'Eglise de Rome, il était tenu par ses fonctions à plus de réserve envers le gouvernement de Vienne. Dans un de ses discours (1871) parlant des premières réflexions que les enfants font sur le monde et la vie, il dit :

> « Je me souviens que deux phénomènes principalement me procuraient de grandes difficultés : Premièrement je ne comprenais pas comment le monde pouvait, ne fût-ce que durant une minute, se laisser gouverner par un roi. La deuxième difficulté était celle que Lessing sut exprimer dans une épigramme savoureuse : Il est bien étrange que ce soient précisément les riches qui possèdent le plus d'argent[2]. »

La boutade était évidemment la seule forme sous

1. *Erinnerungen einer Erzieherin*. Braumüller. Wien. 1912.
2. Erhalt. Arb., 1.

laquelle il était loisible à un professeur autrichien, fonctionnaire du Gouvernement impérial, le plus autocratique qui soit, d'exprimer une opinion politique indépendante. Mais sous ce mot plaisant on sent le souffle des idées venues de France, l'aspiration démocratique et égalitaire des « hommes de 48 ».

Cependant Mach devait donc par force s'abstenir et se désintéresser des choses de la politique. Aussi en 1866, tandis que la vieille querelle austro-prussienne était vidée au détriment de l'Autriche par sa défaite de Sadowa, Mach poursuit paisiblement ses travaux d'acoustique et d'optique physiologique. Et pas plus alors qu'en 1871, on ne trouve dans ses écrits la moindre allusion aux événements politiques du jour. Du moins il n'abdiqua pas son idéal et son indépendance, et ne s'enrôla jamais, comme tant de savants en pays germanique, dans la « Garde-du-corps intellectuelle » de la dynastie. Plus tard, en 1897, il s'enhardit même à aborder ouvertement, dans une conférence (*Sur les phénomènes que présentent les projectiles*[1]), le sujet de la guerre et des relations internationales :

« Un grand homme de guerre de notre temps (Moltke) a prétendu que la paix perpétuelle était un rêve, et pas même un beau rêve. Sans doute nous pouvons en croire sur ce point le grand connaisseur des hommes et nous pouvons comprendre qu'un soldat redoute l'affadissement qui résulterait d'une trop longue paix. Mais n'espérer et n'attendre aucune amélioration essentielle des rapports internationaux, c'est croire que la barbarie moyenâgeuse ne peut pas être surmontée. Pensons à nos ancêtres, à l'époque du *Faustrecht,* quand à l'intérieur d'un même Etat l'agression brutale et la défense non moins brutale étaient d'usage courant. Cette situation devint si accablante que toutes sortes de circonstances obligèrent à y mettre fin. Assurément le droit

1. Pop., 380-383.

du plus fort ne fut pas pour cela extirpé du monde, il ne fit d'abord que passer en d'autres mains. Nous ne devons pas nous laisser aller aux illusions d'un Rousseau. Les questions de droit demeureront, dans un certain sens, toujours des questions de puissance. Seulement il importe de savoir en quelles mains repose la puissance... Très, très lentement, avec le progrès de la civilisation, les relations entre les hommes prennent des formes plus douces, et quand on connaît le « bon vieux temps », on ne peut pas souhaiter d'y revenir, si beau qu'il paraisse en poésie et en peinture.

« Voici que dans les relations *entre peuples* subsiste encore l'antique et sauvage droit du plus fort. Cet état de choses épuise déjà les ressources intellectuelles, morales et matérielles des nations, son poids est à peine moins lourd en temps de paix qu'en temps de guerre, il n'est guère plus léger au vainqueur qu'au vaincu, aussi il devient toujours plus intolérable. Par bonheur la capacité de réfléchir n'est plus le privilège exclusif de ceux qui s'intitulent modestement « l'élite ». Ici comme partout, le mal lui-même suscitera les forces intellectuelles et morales propres à le réduire. Les haines de races et de nationalités ont beau se déchaîner encore avec violence, les relations des peuples s'étendent néanmoins et deviennent plus intimes. A côté des questions qui séparent les peuples, les grands buts communs qui réclameront la totalité des forces de l'humanité à venir, apparaissent avec toujours plus de netteté. »

Cinq ans plus tard, en 1902, Mach ajoutait au morceau précédent une note où il se prononce encore plus énergiquement contre les fauteurs de guerre et pour la paix internationale :

« Nous sommes encore bien éloignés de la réalisation de l'idée pacifiste. Tout d'abord il n'y a rien à attendre à cet égard des hommes qui trouvent leur avantage dans la discorde des peuples. Rappelons-nous qu'en 1870, quand la guerre a éclaté, l'intérêt des « hautes » classes de la société s'est manifesté par la promesse de fortes primes pour le premier Français tué et le premier Allemand abattu. On voit

apparaître ici avec une affreuse évidence la légèreté criminelle avec laquelle on conçoit la guerre comme un sport, et un souverain mépris pour la grande masse populaire, qui est toujours la plus atteinte. Transportez cette conception « distinguée », *mutatis mutandis*, aux classes prolétariennes, et essayez alors, mais loyalement, de vous indigner de ses conséquences ! Considérons enfin la masse des hommes de la classe moyenne qui en affaires s'efforcent d'aller toujours jusqu'à l'extrême de leur prétendu droit, même quand ils se savent dans leur tort, et si possible jusqu'à l'anéantissement de l'adversaire ou du concurrent. Il est tout simplement révoltant d'entendre ensuite ces hommes prêcher la paix universelle. Pour la réalisation de cet idéal, ce qui manque, c'est avant tout l'éducation morale et les sentiments idéalistes que seule la saine atmosphère familiale peut développer. L'Etat ne saurait faire cela, car il agit toujours en égoïste. Nous pouvons espérer que des mœurs plus égalitaires à l'intérieur d'un même peuple, et un contact plus intime des jeunes générations de différents peuples amélioreraient progressivement cette situation. Peut-être la facilité croissante des voyages permettra-t-elle même aux familles peu aisées de pays différents de faire plus souvent un échange temporaire de leurs enfants, par exemple pendant la durée des vacances. L'idée pacifique a fait bien peu de progrès au point de vue pratique. On vient de le voir au Transvaal et en Chine, au lendemain même de l'essai de fonder une Cour d'arbitrage internationale. Pourtant tous ceux qui ont défendu ces idées, ne fût-ce que d'une manière théorique et académique, et qui ont préparé de nouveaux progrès, sont assurés de la gratitude des générations futures [1]. »

Si le vieux professeur est resté dans ces sentiments jusqu'à sa fin, quel ne dut pas être son chagrin lorsque éclatèrent les guerres de 1911-1913, et enfin celle plus formidable de 1914 ! Elle faisait rage encore quand il

1. Un ami personnel de Mach, le Dr Hans Henning, m'écrit que l'idée du rapprochement des peuples et particulièrement de la réconciliation franco-allemande a toujours préoccupé Mach.

est mort en 1916, et il n'a pu voir ni la dislocation de l'empire des Habsbourg, ni la fondation de la Société des Nations [1].

Cet idéal de concorde internationale, qu'il préconisait en si bons termes, il en a favorisé aussi personnellement la réalisation, dans la mesure de ses moyens et dans les limites de sa sphère d'activité. On peut dire, avec W. Jérusalem, que Mach est une figure internationale [2] ; tout d'abord d'un point de vue extérieur par sa notoriété et ses relations. Sa réputation commença plus vite à l'étranger, et notamment en Amérique, qu'en Autriche et en Allemagne. Ses *Conférences scientifiques populaires* ont paru d'abord en anglais, à Chicago en 1895, par les soins du philosophe américain P. Carus, directeur de la Revue *The Monist*, et ami personnel de Mach. En outre l'édition américaine de *Analysis of the Sensations antimetaphysical*, fut épuisée plus vite que l'édition allemande. William James, alors professeur de physiologie à Harvard ayant lu les travaux de Mach sur *La conservation du travail* et sur *Les sensations de mouvement*, y reconnut la marque d'un talent original. Faisant un tour d'Europe en 1882, il rendit visite à Mach à Prague. Il y eut dès lors entre ces deux hommes un lien d'amitié et d'estime réciproque [3]. Dans les vingt dernières

1. Ses deux publications postérieures à 1914 ne parlent pas de la guerre.
2. « Mach und der internationale Gedanke. » *Internationale Rundschau*. Apr. 1916, p. 274.
3. On trouve dans la correspondance de James une lettre du 2 novembre 1882, qui raconte ce séjour à Prague. James entendit d'abord une belle leçon de physique de Mach, puis se présenta à Hering, à Mach et à Stumpf qui le reçurent « à bras ouverts ». « Ensuite Mach vint à mon hôtel et nous eûmes ensemble pendant quatre heures de promenade et de souper à son Club, une conversation inoubliable. Je ne crois pas que personne m'ait jamais donné si fortement l'impression d'un pur génie intellectuel. Il semble avoir tout lu, et réfléchi sur tout ; ses manières sont d'une simplicité absolue et quand son visage s'anime il a un sourire qui est tout à fait attrayant. » — *Letters of W. James*, vol. I, p. 211.

années de sa vie, Mach entra en relations personnelles et épistolaires avec un grand nombre de savants étrangers : citons les Français Couturat et Duhem, les Italiens Enriquez et Vailati. En Russie un groupe de penseurs socialistes adoptèrent sa théorie de la connaissance comme base philosophique de leur doctrine.

Plusieurs disciples russes de Mach l'ont revendiqué comme étant un des leurs, c'est-à-dire un pur Slave. En réalité Mach est un pur Autrichien allemand ; naturellement il a été nourri d'abord de littérature et de science allemandes, mais son esprit s'est ouvert si volontiers et de si bonne heure aux productions des autres peuples qu'on a grand'peine à découvrir dans sa vie ou dans ses livres quelque aveu de préférence pour le germanisme. On doit admirer que cet homme, d'esprit si actif, qui résidait à Prague, centre d'une lutte ethnique acharnée et permanente entre Tchèques et Allemands, soit demeuré sereinement exempt de tout chauvinisme de race[1]. Il s'est tenu complètement en dehors et au-dessus du courant de germanolâtrie orgueilleuse qui a entraîné tant de savants allemands contemporains. Mach connaissait particulièrement la philosophie anglaise, et sa propre philosophie, phénoméniste, empiriste, évolutioniste, apparaît proche parente des doctrines de Hume, de Mill et de Spencer. Il a déclaré plus d'une fois sa prédilection pour le XVIII[e] siècle français, siècle des « lumières », siècle cosmopolite, positiviste et humanitaire, avec l'esprit duquel sa pensée a des affinités évidentes. Il avait

1. Dans sa préface à l'édition allemande de l'ouvrage du germano-américain J.-B. STALLO, *Begriffe und Theorien der modernen Physik* (1901), Mach fait un éloge, d'ailleurs très modéré, du rôle joué par l'élément germanique aux Etats-Unis. D'autre part, comme recteur de l'Université allemande de Prague en 1879, Mach aurait « rompu une lance en faveur du germanisme contre les Tchèques », c'est-à-dire pris certaines mesures contre les désordres provoqués par les étudiants tchèques. C'est tout ce que j'ai pu trouver dans cet ordre de faits. (HENNING, op. cit., 8)

dans sa bibliothèque l'*Encyclopédie* et la feuilletait volontiers ainsi que les autres œuvres de Diderot[1]. Voltaire, Molière sont souvent cités, pour ne rien dire des hommes de science français dont le rôle est marqué dans tous ses travaux psychologiques et historiques.

Quand il raconte l'histoire des découvertes et de la science, œuvre essentiellement collective, Mach a toujours soin de démêler la part qui revient à chaque ouvrier. Mais on dirait que son souci d'impartialité redouble si la contestation de priorité oppose des savants de pays différents, tant il a à cœur de rendre à chaque peuple ce qui lui est dû. L'histoire de la thermodynamique qu'il a étudiée de si près va nous en offrir un exemple. Quelques critiques allemands avaient soulevé une bruyante querelle autour du nom de J.-R. Mayer, revendiquant pour lui seul la gloire d'avoir découvert le principe d'énergie, et accusant les savants étrangers d'emprunt aux idées de Mayer. Mach remet les choses au point avec une grande largeur d'esprit.

« Les travaux de Mayer (1842) ne trouvèrent d'abord en Allemagne qu'un accueil très froid, décourageant, hostile même, et ne furent publiés qu'avec difficulté, tandis qu'ils furent rapidement appréciés en Angleterre. Mais l'abondance des nouveaux phénomènes découverts les fit tomber dans l'oubli, et ce fut Tyndall qui, dans son célèbre ouvrage, *Heat a mode of motion* (1863), rappela l'attention sur eux par le grand éloge qu'il en fit. Il s'ensuivit en Allemagne une réaction qui atteignit son point culminant dans l'écrit de Dühring intitulé *Robert Mayer le Galilée du XIX[e] siècle* (1878). Bientôt il sembla que l'injustice dont avait été victime Mayer devait être égalée par le tort que l'on faisait à d'autres. L'œuvre de Mayer trouva une approbation enthousiaste et sans réserves dans le discours de Popper (*Das Ausland*, 1876, n° 35). Je me suis efforcé de donner (Wärmel, p. 211 à 327) un exposé précis et

1. W. Jérusalem, ibid., p. 275.

impartial des contributions des chercheurs à la théorie mécanique de la chaleur. Il en ressort que chacun d'eux est caractérisé par une originalité intellectuelle propre, cause de ses découvertes. Mayer est le philosophe de la science de la chaleur et de l'énergie ; Joule en fonde la théorie expérimentale ; Helmholtz en établit la théorie au point de vue physique. Helmholtz, Clausius et Thomson utilisent tous trois les idées de Carnot, dont la pensée suit un chemin entièrement original et solitaire[1]. »

« Il est hors de doute que, tant la découverte de l'équivalent mécanique de la chaleur que la loi de conservation de l'énergie, n'appartiennent en propre ni à un homme, ni à une nation... Je dois avouer que j'ai été étonné souvent du goût esthétique et moral de certains de nos contemporains qui ont su faire sortir de cette affaire de haïssables questions de nationalités et de personnes, au lieu de se féliciter de ce que plusieurs hommes de cette valeur aient travaillé simultanément, et au lieu de se réjouir de la diversité si instructible et si fructueuse de ces puissants esprits[2]. »

On a vu dans les fragments cités plus haut sur la guerre, que Mach exprimait sa pitié pour les classes déshéritées et son indignation contre les « dirigeants » inconscients de leurs devoirs. Appellerons-nous tendance *socialiste* ce sentiment humanitaire de l'injustice sociale ? En tout cas Mach n'inclinait en aucune façon vers l'étatisme. Il était partisan de l'initiative individuelle et il a déclaré nettement : « Les hommes politiques qui considèrent que l'Etat a son but en lui-même commettent une absurdité[3]. » Son socialisme humanitaire apparaît encore en quelques endroits :

« Aujourd'hui, en Europe et en Amérique, l'esclavage est supprimé de nom et dans la forme, mais en fait beaucoup d'hommes sont toujours employés par quelques-uns. Malgré

1. Méc. 471.
2. Wärmel. 268, 320.
3. Anal. 68.

les progrès de la tec nique industrielle, la partie laborieuse de l'humanité ne voit pas sa tâche sensiblement allégée... Le travail demeure aussi épuisant qu'autrefois, le labeur colossal des machines sert beaucoup moins à faciliter la vie des hommes qu'à satisfaire les besoins de luxe de la classe dominante... Cependant une certaine inégalité est une condition du progrès. La prospérité de toute civilisation morale et intellectuelle un peu élevée ne peut se produire que dans le cas où une partie de la société rend plus facile la vie des autres citoyens. Puissent les « dix mille qui dirigent » reconnaître clairement ce qu'ils doivent au peuple qui travaille, puissent les artistes et les savants comprendre que c'est une grande propriété commune et acquise en commum qu'ils administrent et font prospérer pour l'humanité !... On ne peut empêcher la culture intellectuelle de s'étendre à la partie accablée de l'humanité, et un jour forcément, cette classe d'hommes se rendant compte de l'état des choses, se tournera vers la partie dominante pour exiger un emploi plus économique et mieux ordonné du fonds commun[1]. »

Quel est donc pour Mach le remède à ces maux, le grand facteur du progrès social ? La réponse est nette : c'est la science.

« La science apparaît comme la plus superflue des branches latérales sorties du développement biologique et du progrès de la civilisation. Mais au point d'avancement où elle se trouve aujourd'hui, elle constitue indubitablement le facteur biologique et civilisateur le plus important. Elle a déjà créé les conditions du bien-être matériel, mais malheureusement, pour une partie des hommes seulement. Nous pouvons espérer mieux de l'avenir. Songeons aux tourments que nos ancêtres ont eu à supporter sous la brutalité de leurs institutions sociales, juridiques et judiciaires, de leurs superstitions, de leur fanatisme ; évaluons le riche héritage du présent sous ce rapport et figurons-nous ce qui pourra encore arriver à nos successeurs : voilà pour nous un motif

1. Conn. 92-94, 99.

suffisamment puissant de collaborer ardemment et fortement, par nos vues psychologiques et sociologiques, à la réalisation d'un idéal d'ordre moral du monde[1]. »

« Nous voyons la société actuelle changer fréquemment d'avis et de point de vue sur une même question, suivant les dispositions du moment, ce qui ne peut se passer sans un trouble moral profond. Cet état de choses est une conséquence naturelle de ce que notre philosophie a d'inachevé et de transitoire. Ce n'est qu'en laissant le champ libre à l'intelligence et à l'expérience, que nous pouvons espérer nous rapprocher, pour le bien de l'humanité, de l'idéal d'une conception unitaire du monde, qui seule est compatible avec l'ordonnance d'un esprit sainement constitué[2]. »

***

Le bien de l'humanité dépend donc des progrès d'une philosophie saine. Mais quelle sera cette philosophie salvatrice ? Mach est-il un intellectualiste, un positiviste intransigeant, et ne voit-il de salut que dans une discipline scientifique, exclusive de tout élément affectif ou religieux ? Que pense-t-il de *la religion* ? Pour comprendre son attitude à l'égard de la religion, il faut se représenter le milieu social où il a vécu à Vienne, à Gratz, à Prague. D'après un bon observateur[3] le catholicisme, dans l'Autriche de François-Joseph, était sans âme; il se distinguait par un caractère de ritualisme vide et de cléricalisme tyrannique. Il se peut que Mach n'ait jamais eu sous les yeux un seul exemple de foi religieuse vivante. En revanche il fut peut-être témoin d'insidieuses menées jésuitiques, auxquelles il fait allusion quand il écrit :

« Une connaissance exacte de la nature et des conditions de la vie est plus utile à l'homme que la frayeur de l'in-

1. Conn., 387.
2. Méc., 434.
3. H. W. Steed, *La monarchie des Habsbourg*, trad. franç. p. 14.

connu. Et il lui importe d'être sur ses gardes contre ceux qui perfidement veulent abuser de lui en égarant son intelligence et son cœur[1]. »

Dès lors il n'est pas surprenant que Mach n'ait guère vu dans la religion, que la fille de la peur, qu'une puissance obscurantiste et ennemie de la pensée scientifique. Ennemie *extérieure*, d'abord, par les « crimes de l'Eglise contre le progrès[2] », les persécutions de Giordano Bruno, de Galilée et des autres martyrs de la science :

« Dans cette lutte l'Eglise ne recula devant aucun moyen pour s'assurer la victoire, et ses procédés furent plus égoïstes, plus dénués de scrupules et plus cruels que ceux de n'importe quel autre parti politique. » Et quant aux procès de sorcellerie et d'inquisition, avec leurs tortures et leurs bûchers, « ces atrocités étaient inspirées par la domination des idées théologiques... et formellement sanctionnées par l'autorité de l'Eglise. Cette folie effroyable qui a duré des siècles devrait rendre l'humanité attentive à ne jamais se laisser prescrire de loi au nom d'une *croyance* quelconque[3]. »

Pour la science, la religion est aussi une ennemie *intérieure*, parce que « les hommes de science eurent à combattre leurs propres idées préconçues et particulièrement le préjugé que la théologie devait être la base de toute science ».

Dans un chapitre de la *Mécanique*, Mach relève curieusement les conceptions théologiques, animiques ou mystiques qui subsistent même chez les créateurs de la science. Ainsi Kepler déclare qu'on ne peut nier la sorcellerie et il n'ose pas se dégager entièrement de

1. Anal. 63.
2. Méc. 419.
3. Wärmel. 371. Méc. 419, 432. Conn. 102, 107.

l'astrologie. Pascal croyait au diable. Leibnitz et Euler mêlent aux questions scientifiques les questions philosophico-théologiques telles que la relation de l'âme et du corps, le libre arbitre, la prière, le mal, la confession des péchés. Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle la tendance universelle était d'expliquer les principes et les lois de la physique par la sagesse du créateur qui les avait établies. On ne comprenait pas que l'idée de l'action d'une volonté et d'une intelligence dans la nature était intempestive dans les traités scientifiques. « Environ trois siècles furent nécessaires pour que l'idée de la distinction complète entre la physique et la théologie se soit entièrement développée, depuis son premier germe chez Copernic, jusqu'à Lagrange. » Ce dernier marque un revirement en déclarant s'abstenir entièrement de toutes spéculations théologiques, comme nuisibles et étrangères à la science. La nouvelle conception, « plus saine », fut « intimement liée à un remarquable progrès de la pensée[1] ».

Au surplus de nos jours encore la pensée scientifique souffre d'intrusions fâcheuses du merveilleux, preuve en soit « l'extension universelle de la superstition spirite ». Songeons qu'une bonne partie des peuples les plus civilisés ne reçoivent pas une culture intellectuelle proprement dite, mais seulement son apparence extérieure. La pensée vulgaire est naturellement encline à l'animisme et au fétichisme. Comte a expliqué l'origine du fétichisme ; Tylor a très bien montré la racine psychologique de la magie, et Darwin comment les habitudes ancestrales survivent longtemps à leur utilité. En dépit de ces explications, présentes à l'esprit de Mach, c'est avec une sorte de stupeur qu'il constate la crédulité de certains savants, de tel de ses collègues, chimiste ou neurologiste connus. Il s'efforça de les faire

1. Méc. 420-432.

revenir de leurs idées puériles, mais échoua dans ses tentatives[1].

Le spiritisme a aussi des adversaires qui le qualifient de superstition en lui opposant la « vraie foi ». Mais alors, dit Mach, qui décidera quelle croyance est la vraie ?

« L'histoire nous suggère qu'en regard des horreurs dont les excès des différentes « vraies fois » nous ont gratifiés, les conséquences du spiritisme ne sont, grâce à son caractère privé, que d'innocentes plaisanteries. Il ne convient donc point de vouloir chasser le diable par Belzebuth. Il est bien préférable de ne tenir pour scientifiquement vrai que ce qui est démontrable, et de ne maintenir, en fait de conjectures, que celles auxquelles une saine critique accorde un haut degré de probabilité[2]. »

Mach reconnaît que le sens du merveilleux joue un certain rôle au début de la recherche scientifique. Il n'est pas opposé à l'étude des phénomènes inaccoutumés, supranormaux ; mais il dit que cette étude, si elle est scientifique, doit aboutir précisément à l'élimination du merveilleux.

« De même que les alchimistes ont recueilli, en procédant sans aucune critique, des observations qu'on a utilisées plus tard, il se peut que nos chercheurs de miracles fassent découvrir quelque chose d'important. « Tout est possible », mais ce n'est jamais sur l'ignorance, c'est sur le savoir positif seul qu'on peut bâtir quelque chose de solide...La science ne se présente pas avec la prétention d'être une explication complète du monde, mais avec la conscience de travailler à une conception future de l'univers. La plus haute philosophie que puisse pratiquer un investigateur scientifique consiste précisément à supporter une conception inachevée et

1. Wärmel. 368-374.
2. Wärmel. 375, 376.

à la préférer à une autre, parfaite en apparence, mais insuffisante[1]. »

Mach ne retient-il donc absolument rien des créations de la pensée religieuse? Le passage suivant va répondre :

« Si le point de vue théologique (idée d'une volonté intelligente dans la nature, sagesse du créateur), qui a conduit à la position des principes de la mécanique, est erroné, on se demandera cependant avec raison comment il se fait que ces principes sont justes dans toutes leurs parties essentielles? La réponse est facile. La conception théologique de de la nature est née de la tendance de l'esprit à embrasser l'univers entier dans un *système unique*, tendance qui est propre aux sciences de la nature et qui est parfaitement conforme à leur but. La philosophie théologique de la nature est une tentative sans espoir et un retour vers un niveau inférieur de culture, mais il ne faut pas pour cela rejeter la *saine racine* d'où elle est sortie, et qui n'est pas autre que la racine de la véritable recherche naturelle. »

« Les impulsions qui régissent l'homme ne sont qu'en petite partie accessibles à l'analyse scientifique et à la connaissance abstraite. Le caractère fondamental de toutes ces impulsions est un sentiment d'identité et de communauté avec toute la nature, qui certainement repose sur une base saine, quelles que soient d'ailleurs les absurdités religieuses auxquelles il a pu donner naissance[2]. »

S'il y a chez Mach quelques rares traces de religiosité positive, on peut en voir une dans ce sentiment naturiste et cosmique qu'il a exprimé à plusieurs occasions depuis le jour où vers sa dix-huitième année, « le monde lui apparut comme formant avec son moi une seule masse de sensations » (voir chap. I). Mais ce

1. Wärmel. 377. Méc. 434.
2. Méc. 43-438.

sentiment de communion avec la nature ne tourne jamais en adoration vague, c'est un *amor intellectualis dei* toujours lucide. Il se rattache à cette constatation que « la science ne peut arriver à rien par la simple observation du particulier, lorsqu'elle ne jette pas de temps en temps un regard sur l'ensemble[1] ». Mais la connaissance et la compréhension de la nature dans tous ses détails lui importe en somme autant et plus que ce regard unificateur sur l'ensemble, qui en est pourtant la condition.

***

Ceux qui considèrent la piété religieuse, ou tout au moins les croyances spiritualistes comme la base nécessaire d'une *morale* véritable, s'attendront à ce que Mach, qui n'est pas croyant et qui nie le libre arbitre et la réalité même du moi personnel, soit tombé dans le nihilisme moral ou l'immoralisme. Il n'en est rien. Mach rejette, il est vrai, la morale catholique, parce qu'elle s'appuie sur la croyance à la vie future et se soucie trop peu de la justice sociale. Mais il lui oppose une morale positive :

« Il n'est pas rationnel de fonder la morale sur des bases dont on ne peut contrôler l'exactitude. Condamner une partie du peuple à un esclavage permanent, tandis que l'autre partie s'efforce d'accaparer tous les biens de ce monde, voilà une morale qui compte avec une justice après la mort; consolation appréciable pour les uns, règle très commode pour les autres. Mais une morale est plus saine, si, comme la morale chinoise, d'ailleurs très développée, elle ne se fonde que sur des faits réels. La morale et le droit appartiennent à la technique sociale de la civilisation, et sont d'autant plus élevés que la pensée vulgaire est chassée de l'une et de l'autre par la pensée scientifique[2]. »

1. Méc. 431.
2. Conn. 111.

Au reste il ne se borne pas à cette éthique utilitariste. Par sa négation même du moi personnel, il pense favoriser un plus haut idéal moral. En effet, si ma personne n'a pas de réalité véritable, la mort n'est plus à redouter. Le vain désir de l'immortalité personnelle, tous les points de vue égoïstes disparaissent; plus de mépris pour le moi d'autrui, plus de surestimation du moi propre.

« Toute l'humanité est comme un polypier... Elle a participé tout entière à la formation de chaque idée, elle y participe et y participera encore dans l'avenir. L'individu serait réduit à l'impuissance s'il devait commencer à penser tout seul depuis le début... D'autre part une idée une fois énoncée et comprise n'appartient plus à aucun individu en particulier. Elle est un bien commun des hommes. Elle vit d'une vie générale, impersonnelle, suprapersonnelle. Et c'est la plus haute joie de l'artiste, du savant, de l'inventeur, du réformateur social, de contribuer à cette vie-là... L'idéal éthique qui se fonde sur cette conception sera également éloigné de l'ascétisme, qui est insoutenable biologiquement, et de l'insolence du Surhomme Nietzschéen, que les autres hommes ne pourront pas tolérer et, espérons-le, ne toléreront pas[1]. »

Mach a mis en pratique lui-même cet idéal de sagesse moyenne, de suprême détachement et de participation à une vie de l'esprit suprapersonnelle. Avec sa droiture et sa sincérité, le trait de caractère qui a le plus frappé ceux qui l'ont connu, c'est une simplicité, une absence complète de prétention et de vanité d'auteur. A Th. Beer qui avait publié une étude sur sa pensée, Mach écrivit :

« Si vous vouliez me faire un grand plaisir, je voudrais vous prier instamment, à l'occasion de votre réimpression,

1. Pop. 264, 450. Anal. 19, 20.

d'atténuer sérieusement les expressions trop élogieuses de votre jugement... Je dois le répéter, j'ai éprouvé en poursuivant mon travail, beaucoup de plaisir, parfois j'ai eu aussi à soutenir contre mes préjugés un dur et pénible combat, mais je n'y trouve rien dont je puisse me faire un mérite particulier[1]. »

Mach ne poussait pas le désintéressement personnel jusqu'aux dernières extrémités. A l'occasion il sut revendiquer avec fermeté la priorité ou l'indépendance de ses découvertes. Le billet qu'on vient de lire atteste cependant de quelle qualité exquise était sa modestie.

Les mœurs polémiques des hommes de science, en Allemagne et ailleurs, sont souvent peu édifiantes : « Mesquines querelles de moines, joie mauvaise à découvrir des fautes sans importance, orgueil de mieux savoir, basse rancune contre une critique malveillante, petites gueuseries savantes, pillage habile, omissions perfides, ergotages entortillés quand on ne peut plus éviter l'aveu, procédé consistant à caricaturer les conceptions adverses pour les rejeter ensuite, avec un ton supérieur, comme puériles et absurdes[2]. »

Il n'y a aucune trace de tout cela chez Mach. J'ai déjà dit avec quelle probité scrupuleuse, presque candide, il cite toutes ses sources. Dans la discussion, il reste toujours objectif et élevé, évitant les personnalités. Quand il répond aux critiques, mêmes insolentes, il montre une bonhomie vraiment peu commune, son ton demeure courtois et calme, avec parfois un sourire de malice[3]. Le charme et la noblesse de cette personnalité n'ont pas laissé de produire une impression profonde sur ceux qui l'ont approchée, particulièrement

1. Th. Beer, *Die Weltanschauung eines modernen Naturforschers*, 1903, p. 116.
2. Les traits de ce petit tableau satirique sont empruntés textuellement à divers auteurs allemands.
3. Anal. 243, 289 ss

vers la fin de sa vie. Ecoutons l'un d'entre eux, celui qui lui succéda dans sa chaire de Prague, Anton Lampa :

« J'ai fait la connaissance de Mach après sa retraite du professorat, motivée par son infirmité. Je m'attendais à recevoir l'impression d'une personnalité grande et géniale. Mais ce fut quelque chose de tout autre que ce que j'avais éprouvé jusqu'alors au contact d'esprits supérieurs, quelque chose d'absolument différent du grand savant, du grand auteur. Je me trouvais en face d'un saint qui avait surmonté les derniers vestiges de la misère terrestre et dont les yeux rayonnaient de la bonté avertie de l'homme qui a fait le tour de toutes choses. Et tel que je l'ai vu la première fois, tel je l'ai toujours retrouvé. Dans la personnalité de Mach j'ai reconnu la partie non écrite de sa philosophie [1]. »

***

Mach n'était pas chrétien, mais en considérant son attitude morale, sa modestie, sa bonté et son courage, on est tenté de faire de lui un stoïcien. Pour moi, je ne résiste pas à l'attrait d'esquisser un autre rapprochement (déjà indiqué par A. Lampa) : il y a chez Mach des traits qui sont d'un *bouddhiste*.

On demandera d'abord si Mach a jamais étudié le Bouddhisme. Dans toute son œuvre on ne trouve que deux brèves allusions directes qui ne nous éclairent pas sur ce point [2]. Il est probable que sans avoir eu le loisir d'approfondir cette doctrine, Mach s'y était initié par quelques lectures occasionnelles. Ce qui est certain c'est qu'elle a trouvé en lui un terrain bien préparé, si même elle n'y avait pas germé en quelque mesure spontanément. Le cas n'est pas unique dans la pensée scientifique contemporaine. Le Dr Charcot, par exemple, se donnait comme bouddhiste [3]. Maints autres de la

1. A. Lampa, *E. Mach*, p. 59.
2. Anal. 291. — *Einige vergleichende tier und menschenpsychologische Skizzen*. Naturwissenschaftliche Wochenschrift. Iéna. 1916, N° 17, p. 242.
3. Léon Daudet, *L'Hérédo*, p. 16.

génération des Taine et des Spencer, ne l'étaient-ils pas aussi sans le dire ? Depuis plus d'un siècle, bien des esprits en Occident, mal satisfaits du christianisme, se sont tournés vers l'Orient et ont cherché dans les antiques théosophies de l'Inde une autre lumière pour leur sentier, une autre explication du monde et de la destinée humaine.

L'idée qu'on se fait communément du Bouddhisme est fort peu exacte. On distingue mal la doctrine primitive des formes successives qu'elle a prises jusqu'à nos jours, ou même du Brahmanisme. On fait bien d'autres confusions encore. Afin d'éviter ce flottement dans le développement qui va suivre, je me référerai presque textuellement à l'ouvrage tout récent d'un savant indianiste, ouvrage fait entièrement d'après les sources : Paul Oltramare, *L'histoire des doctrines théosophiques dans l'Inde*. — Tome II, *La théosophie bouddhique*.

Indiquons d'abord ceux des principes bouddhiques qui ne se retrouvent *pas* chez Mach.

La doctrine, enseignée par le Bouddha qui voulait délivrer les hommes de la douleur de vivre, vise avant tout ce but pratique et moral du salut. Son pessimisme est radical, puisque pour elle le mal c'est l'existence phénoménale elle-même, à cause de l'instabilité qui lui est propre. Le contact du monde sensible infecte et déprave l'homme en lui inspirant des désirs et des aversions, semence de toute misère. L'individu parcourt une série indéfinie d'existences successives, subissant dans chacune la réaction de sa conduite morale dans les précédentes ; à moins qu'il n'arrive par la méditation, la concentration d'esprit et la pratique des vertus, sous une discipline monastique, à se libérer de tout attachement à l'existence et à entrer ainsi dans le seul état exempt de souffrance, le Nirvana éternel.

L'idée foncièrement hindoue de la métempsychose

karmique est étrangère à Mach, ainsi que la doctrine de la douleur de vivre. Jamais il n'aurait admis que « nous devons être sans intérêt pour ce qui est sous nos yeux », lui qui trouvait dans l'observation et l'étude de la nature, la plus haute des joies. Il n'est pas pessimiste puisqu'il croit au progrès de l'humanité par la science, et que le mal, qui lui apparaît surtout sous la forme des injustices sociales, dues à l'ignorance, n'est ni radical, ni sans remède.

Mais voici quelques aspects non moins fondamentaux par où l'antique doctrine s'apparente de façon surprenante à Mach :

Le bouddhisme primitif manifeste une vive répugnance contre les spéculations cosmologiques sur l'univers, son origine, son éternité, etc. et contre toutes idées transcendantes et métaphysiques. Il n'y a pas dans les choses quoi que ce soit de plus que ce que nous en connaissons par les sens. En lui et hors de lui, le bouddhiste ne voit que le particulier, c'est-à-dire des existences individuelles et des agrégats de phénomènes élémentaires. Pour lui toutes les choses sont composées d'éléments constitutifs qui sont ce qu'il y a en elles d'irréductible, ce qui résiste à toute analyse ultérieure. Comme le bouddhisme n'a jamais voulu distinguer ce qu'il y a de psychique et ce qu'il y a de matériel dans l'univers, il a appelé éléments les propriétés primaires des corps (forme, son...), les activités fondamentales de la perception (vision, ouïe...), les six sensations correspondantes aux six organes des sens, ou les six attributs sensibles des objets, visibilité, audibilité, tangibilité, etc.

Ces phénomènes sont, mais leur existence est transitoire et relative. Rien n'est permanent; il n'y a qu'un écoulement incessant de phénomènes momentanés. Les phénomènes sont toute la réalité, ils n'apparaissent pas sur ou dans une substance, ils sont là par eux-mêmes ;

ils se succèdent comme des perles qu'aucun fil ne tiendrait réunies. Le bouddhisme nie l'être et ne garde que le devenir.

Cependant les agrégats se transforment dans un sens plutôt que dans un autre ; il y a de l'un à l'autre enchaînement causal nécessaire. Tout naît et périt en vertu de causes déterminées. Mais cette causalité n'est qu'une succession, une pente, une habitude, une association naturelle. Aucun Dieu, aucune âme n'assemble les phénomènes ; leur flux incessant ne poursuit aucun but; le processus est automatique. Telle cause étant, tel effet se produit : c'est tout ce qu'on peut dire.

La réalité des faits de pensée n'est pas d'un autre ordre que celle des objets sensibles, la conscience et son contenu changeant c'est tout un. Il n'y a pas de moi qui demeure le même, pas de support des sensations, qui se succèdent au cours d'une même continuité de vie. La continuité du moi est un mot, comme la file que forment des fourmis. L'homme est à la fois un tas et une série : un amas de nombreux éléments et une succession d'états. Si l'on y tient, pour la commodité des relations sociales, on peut bien considérer comme un individu distinct une série plus ou moins longue d'états phénoménaux. Mais il en est de l'individu comme d'une lampe : la flamme se renouvelle sans cesse tant qu'elle brûle, c'est toujours la même flamme et pourtant à deux moments consécutifs, c'est une autre flamme qui se consume. Ainsi la mort ne change pas grand'chose à ce qu'était la vie, elle ne détruit rien qui ne soit déjà constamment détruit par la succession des phénomènes vitaux.

Le dédoublement en sujet et objet de la connaissance est une illusion ; le savoir est indivis ; sujet, objet et acte de connaître ne font qu'un. La connaissance a pour norme la sensation immédiate ; dès qu'elle résulte d'une opération de l'entendement, telle que l'induction,

elle devient indéterminée quant à son extension et n'est plus qu'une simple représentation, un reflet de la réalité [1].

Il n'y a donc pas de genres réels, mais seulement des individus et des noms génériques. Aucune chose n'est là deux fois. Non seulement il n'est rien d'universel, on n'a pas même le droit de dire qu'une chose ressemble à une autre [2].

Qu'on se reporte maintenant aux affirmations de Mach sur la réalité, le devenir et la connaissance [3], et malgré l'immense différence des situations, des milieux, des moments historiques où sont apparus Çakia-Mouni et l'auteur de l'*Analyse des sensations*, on sera frappé d'une ressemblance de pensée, qui comporte souvent l'identité littérale de l'expression. Une appellation semble convenir également bien à la doctrine qu'on vient de résumer et à la pensée de Mach, celle de « monisme du devenir [4] ». Sans doute entre les âges bouddhiques et le nôtre, l'hellénisme, le christianisme, la création de la science moderne, un travail gigantesque de la pensée philosophique se sont produits et ont modifié toutes les notions et tous les points de vue. (Il faut se rappeler par exemple l'importance qu'a prise chez Mach l'idée évolutioniste de l'*adaptation*, physique ou mentale, d'un organisme à son milieu, idée qui est étrangère au Bouddhisme.) Et cependant l'antique doctrine apparaît singulièrement moderne. En excluant le mythe et la transcendance, en limitant la réalité aux phénomènes et la connaissance au devenir observable, en

1. Ces dernières thèses concernant la connaissance appartiennent plus particulièrement à l'école Yogâcâra, bien postérieure au fondateur du Bouddhisme, mais qui n'a fait que développer les conséquences de la doctrine primitive.

2. P. Oltramare, op. cit.

3. V. ci-dessus p. 90, 111, 117-131, 238.

4. Mach a accepté pour sa doctrine cette qualification due à W. Jerusalem (Die Zukunft, 24 Juni 1916, p. 323).

réduisant le moi à un défilé de sensations, le Bouddhisme a anticipé cinq cents ans avant notre ère les principes du positivisme, dont Hume est regardé comme le fondateur. Le courant scientifique phénoméniste et énergétiste, auquel Mach appartient, semble, en un sens, bien plus proche du Bouddhisme que de la pensée grecque. Par sa négation radicale de tout ce qui est général, de tout ce qui dépasse les données particulières de la sensation, des concepts universels, de la réalité du moi personnel, le Bouddhisme va même au delà de beaucoup de positivistes contemporains. Il supprime les bases de la certitude scientifique, et il verse dans le scepticisme. Mais Mach aussi, avec son relativisme si accentué, penche bien un peu dans ce sens. Il a admis la même prémisse : les phénomènes sont toute la réalité ; et la même conséquence : il n'y a ni matière ni âme substantielle. Et sa morale, s'il l'avait développée, nous avons tout lieu de croire qu'elle eût mis en avant les préceptes bouddhiques du renoncement personnel et de la compassion pour tous les êtres [1].

Seulement le Bouddhiste ressent la fantasmagorie des phénomènes comme un mal dont il faut se détacher et se délivrer en cherchant refuge dans le « vide lumineux du Nirvâna ». Mach dit au contraire : Saisir l'écoulement des phénomènes, c'est la tâche de la science. Et il s'adonne à cette tâche avec une curiosité active, une ardeur de connaître et la confiance optimiste que les forces limitées de l'intelligence peuvent néanmoins nous assurer de plus en plus la domination de la nature. Là est seulement la différence, et nous pouvons conclure en disant que Mach était « un Bouddhiste sans le pessimisme ».

1. Mach s'était fait une règle de s'abstenir de toute vivisection ; et pour n'y pas faillir il dut, au cours de ses recherches de physiologie, renoncer à plus d'une expérience instructive. Bewegsempf. *passim*.

Car il a repris une fois à sa manière la parabole bouddhique qui compare la vie à un chapelet sans fil : « Nous sentons, a-t-il dit, que les véritables perles de l'existence se trouvent dans le contenu changeant de la conscience, et que la personne n'est qu'un fil symbolique quelconque auquel elles sont enfilées [1]. » En mettant en valeur le mot *perle*, signe de toute chose précieuse, ne donne-t-il pas à cette image désolante comme une coloration plus heureuse ?

***

Au terme de cet examen de la philosophie pratique de Mach, une remarque s'impose : l'idée de *science* est bien l'une des pierres angulaires de toute sa pensée, puisque même dans ses vues sur l'homme et sur la vie, qui n'ont pas pour objet la connaissance, il laisse jouer à cette idée de la *Naturwissenschaft* un rôle si influent. Il est vrai que son idéal politique et social semble procéder d'une autre inspiration, à savoir : le besoin qu'il avait, commun à tous les cœurs généreux, de rechercher le maximum de liberté et de justice pour tous les hommes. Mais le progrès de l'humanité c'est par la raison scientifique qu'on l'obtiendra. Quand Mach parle pédagogie, c'est avant tout pour faire reconnaître la haute valeur de la culture scientifique. A l'art, il semble n'accorder que la place accessoire d'un délassement. Il préconise une morale positive fondée, comme la science, uniquement sur des faits réels. Enfin la religion, sous la forme du catholicisme romain, la seule qui lui soit familière, il la combat comme ennemie de la pensée scientifique. Et s'il a néanmoins, comme tous les hommes qui pensent et qui sentent, une attitude éthico-religieuse personnelle, « une conscience plus ou moins sourde du sens profond de la vie [2] », c'est une

1. Pop., 264.
2. W. James, *Le pragmatisme*, p. 22.

religiosité naturiste ou bouddhiste, précisément en raison de ce que ni le culte de la nature ni le panphénoménisme du Bouddha ne contrarient la pensée positiviste et le travail du savant.

***

Dans la pensée de Mach, les valeurs purement théoriques, et spécialement la science, dominent donc les autres valeurs : l'art, la morale, la religion, la vie. Mais par cette constatation avons-nous suffisamment déterminé le caractère de sa personnalité ? N'y a-t-il pas plusieurs manière d'être homme de science ? Quelle est proprement la sienne ?

Beaucoup d'auteurs ont essayé de répartir les philosophes et les savants en classes ou types d'esprit. Aucune des classifications proposées ne possède le fondement objectif qui la rendrait parfaite. Elles ont presque toutes, mais non au même degré, le défaut d'établir des catégories non exclusives l'une de l'autre, de telle sorte que la plupart des individus concrets appartiennent à la fois à plusieurs types. Essayons néanmoins d'appliquer quelques-unes d'entre elles au cas de Mach.

M. Henrique Hauser répartit les hommes de science d'après la nature de leur travail en quatre classes. Les *érudits*, les *chercheurs* (ou inventeurs méthodiques et conscients), les *inventeurs* (intuitifs) et les *critiques* [1]. Mach est évidemment un érudit par sa connaissance très détaillée de l'histoire des savants et de leurs travaux, qui est à la base de ses vues plus générales. Il a en outre l'attitude du chercheur méthodique dans ses travaux de physique et de psycho-physiologie. Il est encore inventeur intuitif dans ces mêmes travaux, par tout ce qu'ils contiennent d'aperçus nouveaux (mais

1. Revue scientifique. Paris, mai 1915.

dans la suite ce trait semble avoir été un peu émoussé probablement par l'habitude d'enseigner). Enfin il est critique au plus haut degré dans son effort constant pour éclaircir, par l'analyse et la discussion, les notions fondamentales de la science. Erudit, chercheur, critique, il appartiendrait ainsi également à trois, si ce n'est aux quatre types de Hauser.

***

William James [1] a distingué deux types de philosophes d'après leurs tempéraments. Avec son humour habituel il appelle le premier de ces deux types le « tendre », ou le « délicat », et le second le « rustre » ou le « barbare ». Le premier, qui se règle sur les principes, est rationaliste, intellectualiste, optimiste, religieux, partisan du libre arbitre, moniste, dogmatique. Le « barbare », qui se règle sur les faits, est empiriste, sensualiste, matérialiste, pessimiste, irréligieux, fataliste, pluraliste, sceptique. Il s'agit donc de deux combinaisons mentales typiques, en opposition diamétrale par chacun de leurs caractères. Dans toute l'histoire de la philosophie on ne trouverait probablement ni l'une ni l'autre réalisée à l'état parfait, la plupart des philosophes étant partagés entre les deux types. (Peut-être Fichte d'une part et Spencer de l'autre s'approchent-ils cependant beaucoup des types purs.) Le dilemme abrupt que James a posé se trouve résolu selon lui par l'attitude pragmatique qui satisfait aux deux sortes d'exigences : le besoin de faits et le besoin de religion.

Mach incline évidemment vers le type « barbare » par son empirisme et son sensualisme bien marqués. On peut encore lui attribuer, mais non sans quelques réserves, trois autres caractères de ce type : irréligieux, fataliste, sceptique. Au surplus les qualificatifs de

1. *Le pragmatisme*, p. 28 ss.

matérialiste et de pessimiste ne lui conviennent pas, car il est plutôt, comme les « délicats », idéaliste et optimiste. Enfin l'alternative monisme ou pluralisme n'est pas résolue franchement par la pensée de Mach. Sa doctrine phénoméniste des « éléments » est avant tout et résolument antidualiste, mais comme telle apparaît, selon le point de vue, ou moniste ou pluraliste. Je me bornerai à ces indications car l'application rigoureuse du système de James exigerait une discussion serrée et des définitions précises de tous ces termes d'école, et elle ne pourrait aboutir pour Mach qu'à un résultat partagé.

***

Dans *La Théorie physique*, Pierre Duhem s'inspire pour distinguer deux types de savants, du premier fragment de Pascal relatif à l'esprit de géométrie et à l'esprit de justesse. Il y a, dit Duhem, des *esprits forts* et droits, qui pénètrent jusqu'au fond des principes en petit nombre, et en tirent bien les conséquences, mais dont l'*imagination étroite* ne peut pas saisir distinctement de grands ensembles concrets. Et il y a des esprits *amples* qui comprennent sans peine un grand nombre de principes ou une multitude de faits, mais dont la faculté d'abstraction et d'enchaînement déductif est *faible*. La plupart des savants anglais sont du type « ample mais faible ». Ils ne comprennent une théorie physique que quand ils ont pu l'illustrer par un modèle mécanique matériel (Thomson), ou par des groupes d'équations algébriques, qui, à les examiner de près, jouent un rôle analogue (Maxwell). Au contraire, les savants continentaux, français, allemands, hollandais, suisses, qui ont ordinairement une plus grande force d'abstraction et un besoin de clarté rationnelle et de rigueur logique plus exigeant, mais une moins vaste imagination des faits, sont du type « fort mais étroit ».

Dans un autre ouvrage de Duhem (*La Science allemande*, paru en 1915), sa conception des types d'esprit prend un aspect différent. C'est qu'il s'appuie plutôt sur le deuxième fragment de Pascal [1].

Il définit donc d'abord les esprits fins ou intuitifs, qui saisissent d'un seul regard les choses délicates et nombreuses qu'ils ont communément devant les yeux, qui les sentent et en jugent avec justesse selon ce sentiment sans pouvoir les démontrer méthodiquement par définition et principes. Les esprits géométriques au contraire, aveugles aux choses de finesse, partent de principes abstraits bien éclaircis et procèdent lentement, pas à pas, par déduction rigoureuse. Selon Duhem, la science allemande serait caractérisée par un grand développement de l'esprit géométrique, et un manque d'esprit de finesse. A l'extrême opposé se trouve « la science anglaise qui est toute intuition ». Entre elles deux, la science française est plus harmonieuse.

Heureusement Duhem lui-même ne regarde pas comme essentielle cette différenciation par nationalités.

1. On n'a pas assez remarqué une contradiction apparente entre les passages de Pascal sur les deux sortes d'esprit. Il est impossible d'identifier l'esprit de géométrie défini dans le premier fragment (Pensées, éd. Havet, Art. VII, 2), « esprit ample... comprend un grand nombre de principes sans les confondre », avec l'esprit de géométrie défini dans le deuxième fragment (ibid. Art. VII, 2 bis), « esprits accoutumés aux principes nets et grossiers de géométrie,... esprits droits, mais pourvu qu'on leur explique bien toutes choses par définition et principes », qui est l'esprit déductif. Au contraire cet esprit déductif doit être assimilé à l'*esprit de justesse* du premier fragment (esprit fort et droit, mais étroit). Et l'esprit de géométrie du premier fragment (ample mais faible), s'apparente à l'*esprit de finesse* du deuxième, qui est l'esprit intuitif. Duhem l'a bien entendu ainsi (*Théorie physique*, p. 94, 97). Mais il n'a pas fait ressortir assez expressément la contradiction que présentent les textes de Pascal et qui peut troubler le lecteur. Désaccord de forme et de la lettre seulement, qui tient à ce que chez les géomètres de profession, comme Pascal lui-même l'a remarqué, on rencontre les deux formes d'esprit. Havet, au contraire, assimile, à tort selon moi, l'esprit de finesse et l'esprit de justesse. [En mettant sous presse, je prends connaissance de l'édition des *Pensées* par M. Brunschvicg. On y trouve une remarque toute semblable.]

Il signale parmi les savants de chaque pays des exceptions très notoires à la règle posée : l'Anglais Newton, les Allemands Helmholtz et Gauss sont des modèles parfaitement achevés d'équilibre entre l'intuition et la déduction ; le Français Boussinesq est du type intuitif pur, etc.

Il est d'autant plus indiqué de laisser de côté l'aspect nationaliste du système de Duhem qu'en l'appliquant à Mach nous découvririons que ce représentant de la science allemande est précisément un esprit anglais ou français. Mach a un équilibre remarquable, néanmoins s'il penche d'un côté, c'est plutôt vers l'esprit de finesse, intuitif et ample. Ce n'est pas que la rigueur que la science exige lui fasse défaut : son travail sur les sensations de mouvements, en particulier, est un modèle de méthode expérimentale et d'argumentation bien conduite. Mais on peut dire que, pour un savant exact, il n'aime guère les procédés purement déductifs ; il s'est prononcé maintes fois contre les excès de la démonstration logique. Il déplore par exemple que dans la *Géométrie* d'Euclide « la forme rigoureusement déductive de l'exposition masque souvent les voies de la recherche [1] ». Comme psychologue, et surtout comme historien des savants, il montre une aptitude étonnante à voir distinctement de grands ensembles de faits, à pénétrer jusqu'en son tréfond secret la pensée des inventeurs, à y saisir ces « choses si déliées et en si grand nombre » que seul l'esprit de finesse est capable de sentir. Dans ses vues sur la recherche scientifique et la découverte, on se rappelle quelle grande place il fait à l'intuition, aux « connaissances instinctives », en réduisant d'autant celle du raisonnement. Ses propres thèses fondamentales concernant le développement de la connaissance physique, l'économie de pensée dans la science, l'adaption, il ne les a, à vrai

1. Conn. 229.

dire, jamais démontrées déductivement, mais plutôt *illustrées* par une foule d'exemples historiques ou familiers. Cet emploi des exemples surtout le caractérise comme esprit intuitif et ample; et il l'a déclaré lui-même avec une sincérité remarquable :

« Je devais procéder ainsi parce qu'une théorie générale de la théorie était pour moi une tâche trop difficile, doublement difficile, dans un domaine où un minimum de principes indubitables, généraux, indépendants les uns des autres, et desquels tout peut être déduit, n'était pas donné, mais devait tout d'abord être découvert [1]. »

Enfin la composition de ses ouvrages, sans manquer de suite, se distingue cependant par une grande liberté de démarche. La forme ordinaire de ses écrits est celle du cours ou de la conférence mais non du « discours » à la latine, rigoureusement enchaîné.

Du reste, tout en usant beaucoup de l'intuition, la pensée de Mach suit une marche générale inductive, comme je l'ai déjà fait observer. Il a écrit lui-même :

« Mes explications partent toujours de questions de détail, pour s'élever à des considérations plus générales... Je suis accoutumé à commencer la recherche par le cas spécial, à le laisser agir sur moi et à m'élever de celui-ci au cas plus général[2]. »

Cette *induction* est bien un procédé logique et c'est elle qui donne en définitive à l'œuvre de Mach son ordonnance et son unité.

***

L'exemple de Mach nous le montre : les deux sortes d'esprits, intuitif et déductif, de Duhem, pas plus que les deux tempéraments philosophiques, rationaliste et empiriste, de James, ne constituent des catégories pratiquement impénétrables l'une à l'autre. Elles peuvent coexister chez certains individus. Cette imperfection

1. Méc. 246.
2. Conn. 153, Méc. 462.

est beaucoup moins sensible dans l'intéressante classification de W. Ostwald. L'illustre chimiste de Leipzig emprunte ses catégories à l'histoire littéraire, mais en modifiant notablement leur signification [1]. Il divise les savants en *classiques* et *romantiques* d'après le critère distinctif de leur rapidité de réaction mentale. Les esprits romantiques sont ceux à réaction rapide (correspondant aux tempéraments sanguin et bilieux). Les esprits classiques sont ceux à réaction lente (tempéraments lymphatique et mélancolique). Et sans doute il y a des formes moyennes; beaucoup d'esprits n'étant ni très lents, ni très rapides n'appartiendront nettement ni à l'un, ni à l'autre type. Mais au moins, personne n'ayant un rythme intellectuel à la fois lent et rapide, aucun esprit ne sera à la fois classique et romantique, et la netteté y gagnera. C'est ainsi que ce critère physiologique, d'apparence grossière, pourrait bien être le plus sûr.

Voyons maintenant comment, selon Ostwald, la vitesse des réactions mentales influe sur les autres qualités. Tous les grands hommes de science ont été précoces, mais chez les *classiques*, lents, rêveurs, méditatifs, la précocité est moins frappante. Même les plus grands d'entre eux sont rarement de bons maîtres. Ils ont un caractère réservé, voire même un peu égoïste qui écarte l'élève, et il leur manque la réaction instantanée, l'abondance entraînante qui sont nécessaires pour stimuler les disciples. Quelques-uns ont même une aversion marquée contre l'enseignement, qui les oblige à exprimer des résultats avant d'avoir ciselé le mot exact. Mais ils font dans la science un travail de fondation ; leur souci est de traiter le problème de façon si complète qu'aucun contemporain ne puisse en corriger le résultat. *Pauca sed matura*, c'est leur devise. Par les

1. W. Ostwald, *Les grands hommes*, p. 262-282, trad. fr.

soins patients qu'ils donnent à leur œuvre, ils s'y attachent comme à une propriété personnelle et n'ont de repos qu'après l'avoir défendue victorieusement contre toutes les attaques. Le reproche qui les touche le plus est celui d'avoir manqué de soin et d'exactitude. Cependant leurs productions, conformément à leur perfection caractéristique, ont quelque chose d'impersonnel. Soucieux de présenter son œuvre comme si elle ne reposait que sur elle-même, le classique fait disparaître les stades de développement qui l'ont amenée à sa forme définitive et durable. Newton, un grand classique, avait si bien poli et parachevé son grand ouvrage que pendant près d'un siècle et demi après lui, la physique mathématique n'a fait aucun progrès nouveau.

Ces traits ne sont pas ceux qui caractérisent Mach. Tout ce que nous savons de lui le classe au contraire parmi les esprits rapides, les romantiques. Tout d'abord sa précocité très marquée : enfant il se passionne pour les sciences expérimentales ; à 15 ans il dévore un livre de Kant ; il passe son doctorat à 22 ans, à 25 ans il se fait connaître et estimer du public savant de Vienne par ses brillantes conférences sur la Psychophysique ; à 32 ans il était en possession de ses principales idées sur la science, notamment celle de l'« économie ». Il est vrai qu'il ne donne le plus parfait de ses travaux spéciaux qu'à 36 ans (*Sensations de mouvement*) et son ouvrage capital à 44 ans (*Analyse des sensations*). Mais c'est qu'il n'a cessé dans l'intervalle de donner des leçons et des cours en grand nombre. Puis des circonstances pécuniaires ont retardé la publication de ses livres[1].

Le romantique, dit Oswald, « peut expédier en peu de temps de grandes quantités de travail... son premier souci est de déblayer le problème dont il s'occupe

1. *The Monist*, Jan. 1911.

pour faire place au suivant... la grande vitesse de réaction pousse les romantiques plus que les autres à abuser de leurs forces et à gaspiller leur énergie. On rencontre ainsi plus souvent chez eux que chez les classiques, les effondrements qui amènent une interruption de leur activité. » — Auteur d'une œuvre très considérable, portant sur une grande diversité de sujets, le puissant travailleur qu'était Mach fut en effet frappé à 60 ans d'une hémiplégie, qui par bonheur n'arrêta pas sa productivité (v. p. 156).

Le goût et l'aptitude pour l'enseignement appartiennent spécialement au romantique. Son enthousiasme communicatif et l'abondance de ses idées lui attirent le succès. — Il est vrai que Mach a eu jusqu'assez tard, « le sentiment de nager seul contre le courant ». Mais en disant cela, il pensait aux autres savants ses collègues; car de bonne heure il a été entouré d'élèves et de disciples assidus. Je manque de témoignages sur ce qu'étaient ses rapports personnels avec eux, mais son talent de professeur éclate dans tous ses livres. D'entre ses *Conférences scientifiques populaires*, plusieurs sont de petits chefs-d'œuvre du genre, par la solidité très suffisante du fond, l'adresse de la vulgarisation, la clarté et l'aisance de l'exposé, discrètement agrémenté d'enjouement et d'anecdotes. Il suffit de les lire pour sentir le plaisir que devait éprouver le maître devant un auditoire toujours charmé par sa parole.

« Le don spécifique du romantique l'expose aussi à certains dangers. Le plus grave est de se contenter d'une solution de son problème qui n'en soit pas une à proprement parler... Il court toujours le risque de s'arrêter avant d'avoir fait de son mieux. » — Ceci s'applique-t-il à Mach ? J'essaierai de montrer plus loin que bien des choses dans sa psychologie et que sa « théorie des éléments » représentent effectivement des solutions simplistes et un peu courtes.

Le romantique n'est pas aussi attaché à son œuvre et sensible aux attaques que le classique. « Il s'occupe surtout du progrès de la science. » D'autre part, son œuvre a un cachet plus personnel, car « il ne dissimule jamais le chemin qui l'a conduit au but ». — Un certain détachement dans les polémiques, l'habitude d'indiquer ouvertement au lecteur la voie suivie, un air de l'inviter bonnement à continuer ou à mieux faire, ces traits sont en effet de Mach.

« Les romantiques sont ceux qui agissent fortement sur leur époque... qui révolutionnent une science[1] », — Le recul manque pour évaluer dès maintenant la trace que laissera Mach dans l'histoire des idées. Le mot de révolution est assurément trop fort. Mach n'en appartient pas moins à la catégorie des novateurs, des promoteurs d'idées, plutôt que de ceux qui ne font que les mettre au point. Sa conception relativiste et biologique de la connaissance, celle de l'économie de la pensée, d'autres encore étaient nouvelles quand il les a émises et ont fait beaucoup de chemin depuis lors. Quant à son action sur les contemporains, rapportons-nous-en à un bon juge, A. Einstein, qui écrit :

> « Mach, homme d'une rare indépendance de jugement, a exercé une très grande influence sur les savants de notre temps par sa théorie de la connaissance... et par ses écrits historico-critiques, où il étudie avec amour le développement des sciences... Moi-même j'ai reçu de Hume et de Mach, directement et indirectement, une forte impulsion[2]. »

Toute cette analyse nous autorise à conclure que Mach est bien un représentant du type *romantique*. N'allons pas croire que, dans l'idée d'Ostwald, cette qualité implique nécessairement une production gigantesque,

1. Ostwald, op. cit., 274-277.
2. Physikal. Zeitschr., XVII, 1916, p. 101, 102.

hâtive, touffue, incohérente. L'œuvre de Mach présente une diversité abondante, aisée, rapide, une certaine exubérance même, mais se distingue aussi par une rédaction toujours soignée et par l'équilibre de l'ensemble. Mach est un romantique modéré.

***

Examinons encore la classification proposée par M. Frédéric Houssay, professeur de zoologie à la Sorbonne, dans son livre : *Nature et Sciences naturelles* (1903). D'après les qualités des esprits, Houssay « distingue d'une façon abstraite trois types fondamentaux, qui suivant leur dosage réel dans chaque intelligence concrète, décident du caractère de celle-ci. »

Le type *statique* « s'intéresse dans les phénomènes à ceux qui sont fréquents, durables, et néglige ceux qui sont rares et fugitifs dans le temps ». Il voit les objets en état d'équilibre entre des forces opposées, et il s'attache à trouver dans la structure même des êtres les raisons qu'ils ont de demeurer tels. Il juxtapose arithmétiquement les individus selon un mode discontinu. S'il est biologiste, il compare les organes élémentaires et classe les espèces d'après leurs seuls caractères constants. Il conçoit des unités spécifiques, des types stables ; il fait abstraction du temps. Aristote, les grands classificateurs, Linné, Cuvier étaient des esprits statiques. Ils rapportent la création du monde et le maintien de son équilibre soit à un Dieu providentiel, soit au hasard[1].

« Le second type est le *cinématique* qui, recueillant toutes les données de fait, aussi bien les rares et les fugitives que les fréquentes et les durables, ordonne le tout en des ensembles continus. » Il remarque que les formes naturelles rarement vues, les monstres, comblent justement les discontinuités des classifications

1. Op. cit., 6, 56.

statiques. La considération des fossiles, l'étude du développement embryonnaire font réintroduire dans les sciences biologiques les notions de succession dans le temps, de série continue. Le naturaliste cinématique (tels Ch. Bonnet, Gœthe, Geoffroy Saint-Hilaire) dispose les êtres en une échelle ininterrompue, allant des plantes inférieures jusqu'à l'homme. Il compare les stades embryonnaires et les formes paléontologiques avec les formes adultes et actuelles. D'une forme à l'autre, il « conçoit ainsi des changements dont il recherche à peine la cause et qui sont seulement sériés dans la durée[1] ».

« Le troisième type enfin est *dynamique* et ne cesse d'étudier un fait que lorsqu'il en a trouvé la cause. Ce qui l'intéresse dans les phénomènes, c'est moins leur fréquence que leur succession, et c'est moins encore leur succession que leur déterminisme, c'est-à-dire les raisons qu'il y a dans l'ensemble des choses pour qu'ils apparaissent ou qu'ils n'apparaissent pas. Les esprits de cette catégorie, les plus pénétrants et les plus profonds, assument de beaucoup la plus lourde tâche. Mais ce sont les véritables pionniers intellectuels, et la hardiesse de leur pensée entraîne tôt ou tard les autres vers des voies et des découvertes nouvelles. »

Les grands naturalistes dynamistes, Buffon, Lamarck, Darwin, délaissant les classifications qui isolent les vivants dans le Cosmos, ont étudié plutôt l'action du milieu physique sur les organismes.

« Dans la dynamique biologique, nous dirons avoir trouvé la cause d'un phénomène complexe, quand nous l'aurons rattaché à un phénomène physique ou chimique, complexe aussi peut-être, mais qui du moins passe pour connaissable... Le terme de cause est considéré avec méfiance par les savants qui redoutent la métaphysique. Celui de *force*, plus abstrait, réduit le concept pour l'exprimer mieux... Une technique plus avancée le remplacera peut-être lui-même un jour, dans l'explication des phénomènes morphologiques et morphogéniques par la notion de travail ou d'*énergie*, mieux capable encore d'endormir l'attention par une formule et de donner la chère illusion du savoir précis. Dans l'état actuel de nos connaissances, le fondement des conceptions dynamiques est dans cette idée si justement exprimée par Laplace : « Nous devons envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur et comme la cause de celui qui va suivre[1]. »

1. Houssaye, ibid. 6, 104.

Ce système des trois types de Houssay a été conçu à l'intention des biologistes et naturalistes. Or Mach n'est pas biologiste, mais surtout psychologue et philosophe de la science. Mais les définitions de Houssay se prêtent, semble-t-il, sans difficulté à être élargies comme il convient pour les besoins de notre discussion. Nous pouvons appeler statiques les philosophes qui insistent sur ce qu'il y a de plus fréquent et de plus constant dans la réalité, ceux qui établissent, tant dans l'esprit que dans la nature, des catégories stables, des entités distinctes, de la discontinuité ; cinématiques ceux qui voient surtout la continuité du devenir; dynamiques ceux qui recherchent les causes profondes, le déterminisme générateur de toutes choses.

Dans l'œuvre de Mach, on se demandera si la « théorie des éléments » n'est pas de nature statique, puisqu'elle pose les phénomènes simples, irréductibles : couleurs, sons, etc., comme des constituants derniers de la réalité. Mais si l'on ne regarde pas au delà de cette première apparence, n'importe quelle théorie formulée serait statique, car le simple fait de recourir aux concepts et aux mots introduit inévitablement une certaine discontinuité initiale. Mach n'insiste

1. Ibid., 6, 149.

jamais sur la fixité de ses « éléments » derniers. Au contraire il y voit des termes susceptibles d'être toujours reculés par le progrès de l'« analyse des sensations », c'est-à-dire par le progrès de la science (p. 116). Et l'on n'a pas oublié comment, de son point de vue phénoméniste, il refuse l'existence réelle à toute catégorie générale, à tout ce que nous cherchons à introduire de stabilité dans les choses pour les reproduire mentalement et nous en servir, et comment il n'accorde donc au concept, formation inachevée toujours perfectible, qu'une valeur instrumentale, symbolique, pratique, subalterne (p. 177). Seules les lois naturelles, étant les relations *constantes* entre les phénomènes, ont quelque chose de substantiel. Mais comme elles ne possèdent pas de nécessité objective et sont toujours sujettes à revision, elles ne nous offrent pas encore un point d'appui absolument fixe (p. 210, 211). La seule réalité donnée c'est l'écoulement des phénomènes.

Si l'esprit de Mach n'est pas statique, est-il dynamique? Sa théorie biologique de la connaissance le donnerait à penser au premier abord. Ne pourrait-on dire que, comme Lamarck, par exemple, rapporte les changements morphologiques des organismes à l'action d'une cause extérieure, le milieu physique; de même Mach rapporte la formation et le développement de la science à la *pression* des besoins biologiques? Selon lui c'est la tendance vitale de l'homme à sa propre conservation qui le *pousse* à observer la nature, à adapter ses représentations aux faits de son expérience, à constituer enfin, à la faveur de la vie sociale, l'économie de pensée qu'on appelle la science. On ne saurait refuser complètement à cette conception un trait dynamique, mais voyons la chose d'un peu plus près.

On trouve dans l'ouvrage de Houssay (p. 263) une remarque générale très juste : Dans les travaux les plus remarqués de la science actuelle, dit-il, on reconnaît

un manifeste courant dynamique. Il s'est constitué à notre époque un milieu de pensées communes répandues par une terminologie qui se diffuse rapidement et que tous sont plus ou moins tentés d'employer. Mais sous ce vêtement uniforme dynamique, on distingue encore par leurs qualités particulières les diverses sortes d'esprits. Ainsi Le Dantec qui paraît dynamiste au premier examen serait au contraire foncièrement statique.

D'autre part on sait comment Bergson[1] (qui est, lui, un esprit éminemment dynamique), dans sa critique de l'évolutionisme de Spencer, a dénoncé « l'artifice de sa méthode qui consiste à reconstituer l'évolution avec des fragments de l'évolué ». Ce n'est pas, dit-il, en procédant par intégration et composition de parties qu'on atteindra « le principe même de ce qui évolue », le devenir réel, qui est génération.

La théorie biologique et évolutioniste de la connaissance de Mach s'apparente évidemment à la conception de Spencer. C'est une pensée d'historien, toute pénétrée de l'idée de succession et de développement continu dans le temps, mais non de celle de cause génératrice. Pour elle, la vie, le besoin biologique, l'instinct de conservation n'agissent, au fond, pas plus mécaniquement que dynamiquement; ce sont des phénomènes ou des complexes de phénomènes comme les autres, qui ont leur place dans le devenir universel, mais qui n'ont pas la valeur d'un principe créateur, d'un « élan vital ».

Au surplus la critique que Mach exerce sur la notion de cause lui interdit la recherche des « vraies causes ». Ne réduit-il pas la tâche de la science à constater les relations de dépendance entre les données de fait? Avec Hume il nie l'existence d'une connexion

1. *Evolution créatrice*, p. 392 ss.

physique nécessaire et veut que l'on remplace l'explication causale par la simple description des faits. Dans sa théorie ontologique il ne recourt à aucune cause première ni dernière. Ni Dieu, ni Force, ni Énergie ne lui sont nécessaires pour engendrer ou soutenir les phénomènes. Il s'interdit toute affirmation sur l'essence des choses, sur « l'ensemble des choses », et toute considération comme celle de Laplace sur l'état de « l'univers » lui est étrangère, de telles expressions lui paraissant dépourvues de signification scientifique [1].

D'autre part rien n'est plus authentiquement « cinématique » que sa théorie phénoméniste des éléments : Ni monde physique, ni monde psychique distincts, ni sujet ni objet, ni corps ni esprit, rien que l'entrelacement continu et immense des qualités sensibles. Il est difficile d'aller plus loin dans la réduction des discontinuités et de faciliter davantage le libre cheminement de la pensée à travers le réel.

Nous pouvons résumer cette discussion en peu de mots : L'esprit de Mach, si curieusement semblable à celui du Bouddhisme, ne croit à aucune causation efficace ; il s'intéresse non à l'être constant, mais au devenir phénoménal. Il n'est ni dynamique, ni statique, mais éminemment cinématique [2].

1. Préf. de Mach à : STALLO, *Begriffe u. Theorien der modernen Physik*, 1901, p. XII.

2. On pourrait établir une relation entre les trois types d'esprits de Houssay et les trois grandes catégories du discours : le substantif, l'adjectif et le verbe. Les esprits statiques seraient ceux qui pensent surtout par substantifs, les cinématiques par adjectifs et les dynamiques par verbes. Une enquête méthodique sur la langue et le style de Mach sortirait du cadre de cet ouvrage. Mais je présume qu'une telle enquête (qui devrait s'attacher surtout aux parties les plus spontanées de son œuvre, celles où la discipline de l'objectivité scientifique se relâche un peu) montrerait effectivement une prédilection de Mach pour les expressions adjectives.

***

Nous avons donc reconnu en Mach un « tempérament » d'*empiriste*, un esprit plus *ample* que fort, plus *intuitif* que déductif, une intelligence « *romantique* », c'est-à-dire au rythme rapide, et « *cinématique* », c'est-à-dire attentive à la continuité du devenir. Mais s'il fallait enfin résumer d'un mot l'essence de sa personnalité, le terme allemand de *Naturforscher*, par lequel il aimait à se désigner lui-même, et qu'il faut prendre au sens le plus large, serait sans doute le mieux approprié. Chercheur scientifique, investigateur de la nature, Mach l'était d'abord par le don primordial qu'il avait reçu et conservé avec une fraîcheur étonnante : *la curiosité*. Einstein l'a dit très justement :

« Chez Mach, la joie immédiate de voir et de comprendre, l'*amor intellectualis dei* de Spinoza était si fortement prédominant que, jusque dans un âge avancé, il regardait le monde avec les yeux avides d'un enfant et trouvait tout son plaisir à concevoir la liaison des phénomènes [1]. »

Cette passion de l'observation implique une certaine orientation générale de l'intelligence, une ouverture vers le dehors, une attitude centrifuge, tournée vers l'objet, ce que quelques psychanalystes appellent l'extraversion. L'*extraverti* est un esprit non replié sur soi, mais tourné vers le donné externe, vers l'observable, le non-moi, le monde. Ainsi à l'inverse du pur artiste créateur, du métaphysicien-poète, du *Dichter*, qui tire son œuvre de son propre fonds, qui dilate son moi jusqu'à embrasser le monde et ne saisit la nature qu'à travers l'âme humaine, le *Naturforscher*, les yeux

1. Loc. cit. — Le dernier article sorti de la plume de Mach, et qui parut quelques semaines après sa mort, raconte d'une manière charmante ses anciennes observations sur des moineaux qu'à diverses reprises il avait apprivoisés. (*Naturwissenschaftliche Wochenschrift*, 23 avril 1916, Nr 17.)

bien ouverts et l'âme sereine, nourrit sa pensée des choses extérieures, s'absorbe dans leur étude et fait sienne leur loi. C'était si bien le cas de Mach que même lorsqu'il étudie en psychologue les phénomènes de sa conscience, il les considère pour ainsi dire du dehors, il les accueille comme des événements externes. Mach comprend l'homme dans et par la nature, c'est-à-dire l'interprète à l'aide des seules données de l'observation ou de la comparaison objective, pures de toute altération que l'affectivité et l'émotivité personnelle pourraient leur apporter. Curiosité, soumission à l'objet, objectivité impersonnelle, ce sont les vertus qui destinaient Mach à la carrière de savant.

Quant à son œuvre, elle présente, bien apparents, les trois moments qui composent une activité scientifique complète : recherches spéciales personnelles, — érudition, ou connaissance des résultats d'autres chercheurs, — coordination et unification théorique de ces diverses données.

Ses travaux originaux s'étendent d'abord à tous les domaines de la physique [1].

Il a traité magistralement, par la méthode criticohistorique qui lui est propre, les deux vastes chapitres de la Mécanique et de la Chaleur [2]. En psychophysiologie il a étudié les grandes fonctions sensorielles : les sens de l'ouïe et du temps, de la vision et des mouvements. Surtout il a poursuivi toute sa vie, à travers une immense série de recherches et d'expériences, l'analyse de la sensation si complexe de l'espace, et il a contribué à la découverte d'un sens nouveau, celui du

1. Mach a étudié expérimentalement les phénomènes capillaires, les phénomènes optiques et acoustiques que présentent les corps vibrants, la propagation des ondes d'explosions, des étincelles électriques et des projectiles, leur représentation graphique et photographique. Il a composé plusieurs manuels de physique.

2. Il faut y ajouter celui de l'Optique. V. p. 157, n. 3.

déplacement et de l'orientation. Enfin il a essayé de comprendre la liaison de toutes les sensations par le phénomène de la volonté.

L'érudition de Mach embrassait tous les classiques de la physique expérimentale et mathématique et une abondante littérature de psychologie et de physiologie. Et ces connaissances érudites n'étaient pas juxtaposées au hasard dans sa mémoire, mais enchaînées dans leur succession historique et avec un sentiment très vif du développement progressif de la science et, par conséquence, de la relativité de ses résultats.

Après la passion d'observer et de savoir, le besoin philosophique de comprendre.

Il est vrai que Mach nous donne cet avertissement : « Ne craignez pas ou n'espérez pas que j'échafaude des systèmes. Je demeure *Naturforscher*... » Mais il a ajouté : « si je réussis à *faire voir clairement les rapports de la physique, de la psychologie et de la critique de la connaissance*, je ne tiendrai pas mon travail pour vain [1]. C'est à ce problème qu'il pense donner une solution simple, naturelle et exempte de métaphysique par une théorie qui ressemble étonnamment au phénoménisme de Hume, bien qu'il y soit arrivé plutôt à travers Kant, Fechner et Helmholtz :

Les véritables *éléments* du monde, ce ne sont pas des choses et des personnes, mais des couleurs, des sons, des pressions, des espaces, des durées, bref ce qu'on appelle ordinairement les sensations. En effet les corps physiques se laissent ramener à des complexes plus ou moins stables de tels éléments. Et les représentations, souvenirs, sentiments, volitions constituant la conscience sont formés de traces laissées par les sensations. Le monde physique et le monde psychique sont donc faits des mêmes éléments, dont les relations

1 Pop. 293.

seulement différent. Il est vrai que les corps physiques sont donnés à tous les hommes, tandis que le moi d'un individu est donné à lui seul, et n'est accessible à tous les autres que par voie d'analogie. Mais la conception dualiste, avantageuse pour la vie pratique, se montre insoutenable dès qu'on considère les illusions des sens et qu'on étudie les conditions de la perception. D'un point de vue supérieur on reconnaît que le moi distinct et les choses isolées ne sont que des fictions provisoires, et qu'il n'y a de réel que les sensations, ou plutôt — puisque « sensation » paraît impliquer un moi sentant et une chose sentie — les *éléments* ou phénomènes, neutres, indécomposables : couleurs, espaces, etc. Les relations de dépendance mutuelle entre ces phénomènes, c'est la tâche de la science, physique ou psychologie, de les découvrir et de les formuler avec la plus grande *économie* de pensée possible, c'est-à-dire en visant à épargner le travail intellectuel.

Mais pourquoi la science ? D'où vient-elle et à quoi tend-elle ? Avec l'école évolutioniste, Mach rattache le besoin scientifique à la tendance biologique fondamentale. L'homme est dominé comme tout ce qui vit par l'instinct de conservation, seulement il dispose pour y satisfaire de plus de moyens que les animaux. Ses actions réflexes sont doublées de représentations. Celles-ci s'adaptent continuellement, de plus en plus fidèlement, aux faits de l'expérience, de manière à assurer de mieux en mieux la vie de l'homme. Mach a décrit en détail comment la recherche scientifique se développe, à partir de la connaissance vulgaire et comme elle, par un processus de comparaison et d'adaptation graduelle, avec l'aide du langage et de la division du travail social. La vérité des théories et lois scientifiques est donc toujours relative. Le but de l'économie scientifique, c'est une image du monde aussi complète, aussi cohérente, aussi stable que

possible qui nous permette de nous retrouver avec sûreté parmi les phénomènes. En s'approchant de cet idéal, la science, née des besoins biologiques, réagit à son tour sur la vie pratique aux maux de laquelle elle nous aide à remédier.

Positiviste fervent, mais criticiste sans défaillance, Mach affirme donc à la fois la suprême valeur de la science et son essentielle relativité. C'est dans ce point de vue qu'il a trouvé l'équilibre de sa pensée et qu'il a terminé paisiblement sa vie.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE

DEUXIÈME PARTIE

EXAMEN CRITIQUE DE LA PENSÉE DE MACH

CHAPITRE XI

MACH PSYCHOLOGUE
DE L'EXPLICATION EN PSYCHOLOGIE

La psychologie exacte. Le principe de parallélisme et la psychophysiologie. Abus d'explications physiologiques. Exemples des sensations de symétrie et de déplacement. Explications fonctionnelles et finalistes. Les points faibles.

Pour mettre un terme à des interprétations fautives de son œuvre et de sa pensée, Mach a déclaré un jour :

« Il n'y a *pas de philosophie* de Mach, mais *tout au plus* une méthodologie scientifique et une *psychologie* de la connaissance. » (Erk. Préf., p. VII, n.)

Ailleurs, restreignant encore les compétences qu'il croit pouvoir s'attribuer, il dit :

« Je tiens à bien marquer que je ne suis ni un philosophe *ni un psychologue*, mais un pur physicien. Ce sont des questions relatives à la théorie de la connaissance et à la méthodologie qui m'ont obligé à jeter un coup d'œil sur la psychologie sensorielle. Je fus amené de la sorte à tenter une analyse de la sensation aussi poussée que possible. » (Année psychol. 1906, 303.)

Réellement, Mach ne serait-il pas psychologue ? On cite bien un candidat à l'Académie française qui affirmait

sans sourciller : je ne sais ni lire ni écrire. Il y a telles dénégations qu'on ne doit accueillir qu'avec le grain de sel indispensable. Le lecteur sait déjà — si du moins il n'a pas sauté les chapitres II, III, V, VIII et IX qui précèdent — que les contributions de Mach à la psychologie sont en grand nombre et de grande valeur. Ce « je ne suis pas un psychologue » n'est-il donc qu'une boutade d'auteur trop modeste, qui désarme la critique, ou bien enferme-t-il aussi quelque vérité ? C'est ce que nous allons examiner.

Notons d'abord que Mach ne conteste pas l'existence de la psychologie comme discipline distincte. « Je me sépare de Comte, dit-il, en ce que les faits psychologiques m'apparaissent comme des sources de connaissance au moins aussi importantes que les faits physiques. » (Anal. 38.) Mais comment a-t-il étudié ces faits psychologiques? Au début Mach psychologue est fechnérien, c'est-à-dire qu'il participe à ce grand mouvement de recherches expérimentales minutieuses, dont le principe était follement ambitieux, — puisque Fechner voyait dans sa formule psychophysique fondamentale de mesure des sensations une des grandes lois générales de la nature, — tandis que les résultats directs en furent relativement modestes. Ils consistèrent en somme à étudier quantitativement les erreurs et l'approximation de la perception pour les différents sens et aux divers degrés d'intensité de l'excitant. On pourrait appeler cela une « psychométrie de l'acuité sensorielle et de la discrimination ». On se rappelle les travaux de Mach sur la sensation de temps ou plutôt de cadence (p. 16).

Mais la phase « exacte » de sa psychologie dura peu. Il passe bientôt à la phase qu'il faut appeler *physique* ou *physiologique*, la plus caractéristique de son œuvre de psychologue [1]. Dès lors plus de prétentions à « mesurer » les sensations, plus de ces recherches purement quantitatives qui aboutissent à des tableaux numériques et statistiques ; mais un grand effort pour mettre en relation les faits de conscience avec les faits organiques et nerveux correspondants.

1. **Mach ne tarde pas à rejeter la prétendue « loi logarithmique » et n'admet plus, entre la sensation et l'excitation qu'une *proportionalité* générale. Enfin il repousse même toute idée de *mesure* des sensations et parle seulement de la possibilité de les caractériser et de les inventorier par des nombres (Anal. 67 n.).**

Le *principe de parallélisme* du physique et du psychique, même avant d'avoir reçu son nom, a dirigé sans doute la recherche de tous les vrais psychologues. Je crois qu'on peut juger de la valeur de chacun d'eux d'après la manière dont il a su comprendre et appliquer le parallélisme. Clé de la psychologie, mais clé délicate à manier, concept susceptible de plusieurs nuances d'interprétation, sa notion même a quelque chose de contradictoire et de paradoxal qui reflète — imparfaitement d'ailleurs — le caractère du problème métaphysique de l'âme et du corps, scandale éternel de la pensée.

Le terme de *parallèle* évoque dans notre esprit l'image de deux lignes, de longueur et de direction indéfinies, qui ne se touchent par aucun point et s'accompagnent inséparablement à distance invariable. Ainsi le principe paralléliste pose que la série des faits psychiques et celle des faits physiques correspondants se déroulent chacune pour soi, sans contact, sans communication, sans convergence, sans interaction, sans détermination récriproque, mais s'accompagnent constamment, point par point, instant par instant, et de la sorte sont pourtant étroitement solidaires [1]. *Indépendance*, *concomitance*, ce sont deux caractères, de nature à se contrarier l'un l'autre, mais également essentiels

1. **Rappelons-nous les deux horloges de Leibniz, dont chacune « est formée d'une manière si parfaite et réglée avec tant d'exactitude, qu'en ne suivant que ses propres lois, qu'elle a reçues avec son être, elle s'accorde pourtant avec l'autre comme s'il y avait une influence mutuelle... » (Monadologie, Edit. Boutroux, 202.)**

à la notion de parallèle. La difficulté est pour les psychologues de faire à chacun sa part.

Ceux qui s'attachent trop au premier (à la circonstance que deux parallèles ne se touchent jamais) en viennent à considérer les deux séries, et notamment la série psychique, comme indépendante, comme séparable et se suffisant à elle-même. On se borne alors à décrire les événements de la conscience dans leur succession, dans leur causation ou leur finalité réciproque, indépendamment des faits physiologiques. Telle était la position de l'ancienne psychologie de pure introspection, psychologie descriptive ou rationnelle, à base cartésienne ou leibnizienne. Telle est aussi parfois la position des psychanalystes contemporains, qui, avec moins de parti pris métaphysique, renoncent également à s'occuper de processus nerveux trop inaccessibles, et demeurent sur le seul terrain de la conscience ou de la subconscience. Mais entre l'époque de Victor Cousin et Jouffroy et celle de Freud, se place celle de Mach dans laquelle a régné l'autre interprétation du parallélisme. On a perdu de vue le caractère de non-communication, de distance infranchissable, pour insister sur celui de concomitance des deux séries psychique et physique.

L'école des Fechner, des Helmholtz et des Wundt nomme et formule le principe de parallélisme ; et Mach par exemple définit en fort bons termes sa valeur d'hypothèse directrice et heuristique : « Cette supposition (d'une correspondance du psychique et du physique) qui est démontrée juste dans beaucoup de cas, pourra être tenue pour vraisemblablement juste dans tous les cas, et forme le postulat nécessaire de la recherche exacte. » (Anal. 50.) Mais en même temps ils voient les deux parallèles si rapprochées, que leur distance tend vers zéro et que les deux séries de faits qu'elles symbolisent sont conçues aussi étroitement solidaires qu'il est possible.

Mach conçoit une science mixte, « la *psychophysiologie* ou physiologie psychologique, dont la méthode ne peut être que la méthode physique, et qui devient elle-même une partie de la physique ». (Pop. 241.) Voici donc que d'emblée la primauté est donnée au fait nerveux sur le fait de conscience concomitant, soit à cause des progrès récents de la physiologie et de sa technique expérimentale, soit à cause des habitudes d'esprit, du besoin qu'elle développe, de s'appuyer sur l'objectif et le palpable.

Cette science « découvrira certainement la relation des sensations à la physique de notre corps ». Et par exemple, continue Mach, nous avons appris qu'aux six couleurs fondamentales correspondent probablement six processus chimiques dans la substance rétinienne, aux trois dimensions de l'espace sensible correspond une innervation triple des muscles des yeux. « Les voies des réflexes et de la volonté sont recherchées et découvertes. On établit quelle région du cerveau sert au langage, quelle à la locomotion. » Et les idées elles-mêmes, il n'est pas douteux que nous finirons par les comprendre pareillement (Pop. 241). Remarquons que ce qu'il appelle ici *comprendre* un état de conscience, c'est le rapporter à une structure et à un mécanisme organique, c'est le comprendre physiquement.

La physiologie psychologique a encore un autre objet : *l'analyse des sensations*. Primitivement les phénomènes assaillent l'homme de toutes parts, il ne distingue pas ce qui lui parvient par telle ou telle voie nerveuse ; il saisit des ensembles qui sont les choses, les objets. Mais peu à peu, par un processus de comparaison et d'abstraction, qui s'accomplit spontanément dans la vie ordinaire et que la science n'a qu'à poursuivre méthodiquement, nous disjoignons des objets le palpable et le visible ; dans le visible la sensation de lumière et celle d'espace ; la première à son tour est

décomposée en couleurs, et celles-ci de même en couleurs élémentaires. Dans les sensations auditives, on distingue le rythme et le bruit ou son, et ceux-ci sont réduits en tons simples, etc. On arrive ainsi aux sensations élémentaires actuellement irréductibles, que Mach appelle les « variables originelles[1] ».

Les deux principes de parallélisme psycho-physiologique et d'analyse des sensations (que nous avons déjà reconnus présents chez Helmholtz, p. 114) forment donc la base d'une science mixte, où assurément le psychique et le physique ne sont pas toujours distingués par Mach assez nettement, et où l'observation externe tend à supplanter la méthode d'introspection. Toute cette conception est dominée par un sentiment très fort, un besoin de réunir, de rapprocher, d'appuyer l'une sur l'autre la psychologie, la physiologie et la physique, considérées comme trois branches d'un tronc unique : la science de la nature ou la physique au sens large. De ce rapprochement, de ce commerce mutuel, Mach attend d'ailleurs des fruits merveilleux :

« La psycho-physiologie nous révélera les véritables éléments du monde... Le cycle des faits physiques et psychologiques, dont présentement nous ne voyons que deux tronçons séparés, se trouvera achevé devant nous... » (Pop., 243)[2].

1. Pop., 242. Ann. psychol., 311. Anal.

2. Cependant une objection préliminaire pourrait être opposée ici à Mach. Il l'indique lui-même : N'est-il pas inintelligible, n'est-ce pas une tautologie de parler de parallélisme ou de correspondance entre le psychique et le physique, quand on a admis comme Mach que ces deux réalités ne sont pas essentiellement différentes, mais sont au contraire formées des mêmes éléments constituants ?

Sans vouloir aborder ici la discussion générale du « monisme » ou de l'antidualisme ontologique de Mach, discussion réservée à notre dernier chapitre, nous pouvons accepter provisoirement la manière dont il écarte cette objection. Il ne voit pas d'incompatibilité entre le principe du parallélisme et sa théorie des éléments. « Car les éléments, toujours les mêmes et de même nature, mais diversement groupés, apparaissent selon la nature de leur connexion, ici comme physiques, là comme psychiques... Quand je vois une feuille verte, phénomène qui est conditionné par certains processus cérébraux, cette feuille est assurément différente, dans sa forme et dans sa couleur, des formes et des couleurs qu'on voit dans mon cerveau, bien que toutes les formes, les couleurs, etc., soient en elles-mêmes de même nature et ne soient ni psychiques ni physiques. La feuille vue, considérée comme dépendante du processus cérébral, est quelque chose de *psychique*, tandis que ce processus lui-même, dans la connexion de ses éléments, représente quelque chose de *physique*. Le principe de parallélisme subsiste entre le premier groupe, donné immédiatement, et le deuxième qui nécessitera peut-être une étude compliquée. » (Anal. 51.)

La méthode psycho-physiologique qui vient d'être définie est parfaitement légitime dans le domaine limité des sensations immédiates, où le processus proprement psychologique se réduit à une simple *réception*, sans autre opération mentale. Aussi dans ce domaine elle a valu à Mach de beaux succès. J'imagine qu'il a dû éprouver la plus grande satisfaction en poursuivant ses travaux sur les *sensations du mouvement passif*, tant ils sont une application parfaite des principes de parallélisme et d'analyse. Leur schéma est en effet le suivant : 1° *isoler* par la simple observation attentive certaines sensations élémentaires : d'orientation ou de la verticale, de déplacement passif du corps (rotation ou translation) ; 2° rechercher le *siège* de ces sensations, c'est-à-dire l'organe dont le fonctionnement est leur concomitant physiologique. Cet organe, Mach l'a trouvé dans les canaux semi-circulaires et les otolithes, appareils (comparables à des niveaux d'eau et à des sismographes) dont la structure même semble les approprier particulièrement bien au rôle de signaleur des déplacements. Il y avait là un cas nouveau d'organe sensoriel assimilé à un instrument de physique, cas aussi typique que celui de l'œil-chambre noire et de l'oreille-résonateur (v. p. 58 ss.).

Mais certaines explications physiques ou plutôt physico-chimiques des faits de conscience paraissent bien hasardeuses : par exemple la sensation de temps

rapportée à l'usure nerveuse, à la modification chimique que produit le travail de l'attention. De même la distinction spécifique de la droite et de la gauche, que la pure géométrie ne saurait expliquer, pourrait reposer, selon Mach, comme la vision des couleurs, sur une différence chimique[1] (?). Quand on ne découvre pas l'organe d'une sensation, on se tire d'affaire en invoquant un chimisme, à nous inconnu, ou une énergie nerveuse spécifique.

Dans sa théorie des sensations de son, la partie physiologique paraît aussi trop conjecturale. Pourquoi disposons-nous tous les sons, selon leur hauteur, en une série linéaire unique ? Mach répond : parce que les corps vibrants déclanchent dans l'organe terminal du nerf auditif deux sortes d'énergies antagonistes, en proportion variable selon leur rapidité de vibration, énergies qu'on pourrait appeler l'*aigu* et le *grave*. Comment pouvons-nous différencier et mettre chacun à leur place dans l'échelle de hauteur plusieurs sons qui retentissent simultanément ? Grâce à une autre énergie (l'attention), analogue à une innervation, qui intervient pour *fixer* les sons[2].

On sent bien que ces mécanismes physiologiques supposés, ces énergies spécifiques, ces innervations dont l'existence est incontrôlable cessent d'être des explications légitimes des faits psychologiques dans la mesure où elles sont hypothétiques, et deviennent tout au plus des illustrations, des « modèles mécaniques » du processus de conscience. Mach a tancé vivement les physiciens, ses confrères, de faire trop de place aux hypothèses mécanistes et de les prendre

1. Anal. 85, 92.
2. On trouve un raisonnement analogue dans sa théorie des intervalles musicaux, avec l'hypothèse des « sons partiels » et des « teintes additionnelles » (p. 151 ss.).

trop au sérieux[1]. Peut-être Mach psychologue n'est-il pas toujours exempt des faiblesses des physiciens.

Encore dans les cas cités, et surtout dans sa belle étude des sensations auditives, l'hypothèse physique ne vient-elle qu'après une description détaillée, une analyse pénétrante de l'aspect psychologique des phénomènes. Tel n'est pas le cas lorsque Mach vient à parler de la mémoire et de l'attention. Ces fonctions fondamentales, qui constituent l'essence de la personnalité consciente, méritent une étude, une analyse profonde, faite du point de vue et en langage psychologiques. On la trouve chez tous les grands psychologues. Mais à peine Mach a-t-il abordé le phénomène de la mémoire, qu'il s'occupe de son explication physico-chimique. Il avoue qu'on n'en possède point encore, mais il cite divers phénomènes du monde inorganique (fil gardant la trace des torsions subies, etc.) qui manifestent une influence du passé sur le présent, et pourraient servir d'analogies explicatives de la conservation et de la reproduction des souvenirs[2]. Quant à l'attention, la conscience, la personnalité, ces grands sujets ne figurent même pas au titre d'aucun chapitre de ses livres. L'attention est rapportée à une énergie nerveuse spécifique. La conscience du moi repose sur des associations, lesquelles reposent sur des fibres et des innervations, etc.

L'explication physique, ai-je dit, n'est applicable en psychologie qu'au domaine restreint des impressions sensorielles, parce que la sensation est à peu près le seul processus psychique dont on connaisse un peu la physiologie nerveuse. Un partisan de la psycho-physiologie cherchera donc, on doit s'y attendre, à étendre le plus possible les frontières de ce domaine pure-

1. Wärmel. 317, 363.
2. Anal. 192-195.

ment sensoriel, ou à y faire rentrer le plus de faits psychiques possible. Tel est bien le cas de Mach. Je voudrais le montrer par deux exemples relatifs à la perception de l'espace, question complexe, dont Mach s'est occupé durant presque toute sa carrière, et qui remplit plus du tiers de l'*Analyse des sensations*.

Admettre qu'à la base de la notion d'espace se trouve une donnée immédiate de la sensation, ou que « l'intuition d'espace existe à la naissance [1] », c'est être *nativiste*. Mais le débat entre nativistes et génétistes sur l'espace est clos depuis bien des années par la victoire des premiers. Il n'est plus de psychologue qui puisse soutenir sérieusement, avec Spencer et les purs généstistes, que les sensations d'espace résultent d'une combinaison d'impressions élémentaires qui seraient *en elles-mêmes inétendues*. Mais des divergences subsistent, parce que sur la base nativiste commune d'une donnée spatiale originelle, les uns font plus de place et les autres moins à l'expérience, à l'habitude, à l'éducation dans l'élaboration de la notion complexe actuelle d'espace.

Mach est nativiste à l'excès, ou trop peu généstiste, parce qu'il voudrait toujours qu'à chaque détail, à chaque propriété des sensations d'espace correspondît une particularité physiologique, comme si tout ce que renferme la notion d'espace n'était qu'une donnée actuelle de la sensation. Prenons pour exemple la symétrie, question un peu spéciale, mais qui a intéressé Mach particulièrement [2].

La *symétrie* verticale ou symétrie gauche-droite d'une forme visuelle (par ex. la forme T ou M) nous frappe immédiatement et nous plaît particulièrement; tandis que nous ressentons à peine la symétrie horizontale ou symétrie du haut et du bas (forme ⊣ ou D,

1. Anal., 104.
2. Pop., 100-116. Anal., 91-98.

paysage et son image réfléchie dans un lac) et encore moins la symétrie en profondeur du proche et du lointain (symétrie d'une médaille et de sa matrice). Pourquoi cela ? Mach répond : parce que nos deux yeux, notre appareil visuel a lui-même la symétrie verticale ou plus exactement la symétrie par rapport au plan médian de la tête, et n'en a point d'autre. L'œil gauche est comme l'image réfléchie du droit; les deux rétines se comportent comme une main droite et une main gauche qui palpent. La vision de deux lignes qui sont symétriques par rapport au plan médian correspond à des innervations très semblables, tandis que la vision d'une symétrie « haut et bas » et d'une symétrie du proche et du lointain correspond à des innervations très différentes (p. 138, et Pop., 106, Anal., 138).

Cette explication me paraît inacceptable. Sans doute nos yeux sont placés symétriquement par rapport au plan du nez, mais aussi nous ne sentons pas nos rétines dans la place même où elles sont logées. Pour saisir une forme visuelle, nous suivons du regard son contour, et c'est à ce mouvement des yeux que correspond la perception de la forme. Or le mode de mouvement des yeux diffère essentiellement de celui des mains. Dans la vision normale, les deux axes des yeux, toujours légèrement convergents, sont dirigés en chaque instant *sur un même point*. Si je regarde une forme symétrique verticalement (par exemple une amphore), mes yeux se promènent, toujours *ensemble*, sur chacun des points, sur sa moitié gauche, puis sur sa droite. Or un tel mouvement n'est pas symétrique, pas plus que le mouvement vers le haut et vers le bas. Le seul mouvement bien symétrique que nos yeux puissent exécuter est celui de convergence et de divergence, qui correspond à la vision d'un objet rapproché ou éloigné, cas qui précisément ne présente aucun sentiment de symétrie !

Au contraire des yeux, les bras exécutent des gestes symétriques pour saisir des objets symétriques. Placez-vous en face d'un fauteuil ou d'une amphore, et saisissez en même temps les deux bras ou les anses. Vos deux mains exécutent à l'instant des mouvements différents, mais symétriques et éprouvent au contact de l'objet des sensations presque identiques, ce qui explique que nous soyons portés à confondre parfois la droite et la gauche. Concluons que le sentiment particulier que nous avons pour la symétrie verticale repose sans doute sur la symétrie de notre propre corps, mais en entendant par corps tout l'appareil musculaire *à l'exception des yeux*, dont le mode de mouvement est *sui generis*. Contrairement à l'opinion de Mach, le sentiment de symétrie ne peut relever originairement que du sens musculo-tactile et non de la vue. Il se complète et s'enracine en nous par nos expériences de locomotion, et parce que la direction verticale de la pesanteur qui se fait sentir dans tous nos mouvements, nous permet de tourner, sur un sol horizontal, avec la plus grande facilité vers la gauche et vers la droite, mais non autrement. S'il y a néanmoins un sentiment proprement visuel de la symétrie, il n'est pas originel, mais dérivé, transféré par association du sens musculo-tactile à la vue. Mach a reconnu du reste que si les borgnes de naissance ont néanmoins un certain sentiment de la symétrie, cela constitue à son point de vue une énigme [1]. Au contraire, avec l'explication que je propose, il n'y a là aucune difficulté.

L'erreur signalée est due évidemment à la tendance trop nativiste de Mach et à une application simpliste du principe de parallélisme.

La question des sensations de *mouvement à travers l'espace* nous fournira un second exemple :

1. Pop., 109.

Promenez-vous dans votre jardin, vous avez la notion du déplacement de votre corps au milieu d'un espace fixe. Vous éprouvez aussi des sensations musculo-tactiles de pression, de traction, etc., provenant des articulations, de la peau, des viscères, d'ailleurs encore peut-être, et des sensations visuelles. Les objets environnants défilent, glissent dans votre champ visuel, et cependant vous les voyez fixes et vous attribuez le mouvement à votre corps ou à vos yeux.

Mais voici une expérience visuelle contraire : restez en repos, fermez un œil et pressez la paupière de l'autre avec le doigt de manière à déplacer un peu le globe de l'œil. Vous verrez aussitôt tous les objets du champ visuel se mouvoir ensemble. On a beau savoir que l'œil seul se déplace, il est impossible d'échapper à cette illusion. Quand on essaie de mouvoir un œil dont quelque muscle est paralysé, il se produit des illusions analogues.

Pour comprendre ces phénomènes, faisons-en une analyse expérimentale. Bandez vos yeux et immobilisez vos membres en vous asseyant dans un ascenseur. Qu'il monte ou descende, plus ou moins vite ou brusquement, ou que, machine plus compliquée, il vire et se balance de toutes sortes de manières, vous ne perdrez pas complètement votre orientation. Vous aurez la sensation de ces mouvements, sous la réserve que Mach a établie : seuls les accélérations et ralentissements dans la translation ou la rotation sont éprouvés; quand l'un quelconque de ces mouvements demeure uniforme quelques instants, il cesse d'être ressenti (p. 59). Dans les conditions de cette expérience, les sensations visuelles manquent, celles d'origine tactile ou viscérale ne jouent presque aucun rôle; la sensation d'être mû a donc un autre organe spécifique. Mach l'a trouvé dans les canaux semi-circulaires. Mais cet organe ne livre pas la sensation immédiatement à la

conscience; selon Mach, il est le point de départ d'*innervations* réflexes dirigées vers les centres locomoteurs et oculo-moteurs, lesquels répondent aussi par des innervations compensatrices, et toute innervation de ce genre conditionne une *sensation de déplacement*, à moins d'être neutralisée par une innervation antagoniste.

Revenons maintenant au cas du promeneur qui regarde volontairement autour de lui. Il est évident que le mécanisme des canaux semi-circulaires fonctionne chez lui aussi bien que chez le sujet assis dans la machine. Mais en outre, sa « volonté » de marcher et de regarder intervient. Or cette volonté motrice, pour Mach, c'est encore une innervation, et elle se confond avec la représentation du mouvement à effectuer. « La volonté de regarder à droite conditionne la sensation spatiale « à droite »... La simple volition de marcher est elle-même la sensation de translation[1]. » L'excitation des canaux semi-circulaires du promeneur et le glissement des images sur sa rétine déclanchent des innervations réflexes. Mais « il surcompense par l'innervation volontaire l'innervation involontaire automatique... Ainsi s'explique que les objets vus restent fixes[2] ». Dans le cas du globe de l'œil pressé par le doigt et les cas analogues, l'œil n'est pas mû volontairement, mais par une cause étrangère. La « compensation » ne se produit pas ; d'où illusion que l'entourage se déplace tout entier[3].

Je me suis efforcé de dégager l'idée générale de cette théorie des développements touffus qui l'accompagnent et ne suis pas sûr d'avoir réussi (cf. p. 142). On se rend compte cependant de ce qu'elle a de bizarre et de trop conjectural, et pourquoi je l'appelle trop nativiste.

1. Anal., 106, 120.
2. Anal., 110.
3. Anal., 105-137.

Mach a tenu audacieusement une gageure : expliquer par la seule méthode d'analyse physiologique, réduire à l'unité d'une sensation spéciale élémentaire (confondue avec l'innervation-volonté) et rapporter à un mécanisme nerveux tout monté, un processus psychique très complexe, qui déborde de beaucoup la simple impression sensorielle : la perception des mouvements dans l'espace.

Opposons-lui maintenant une explication proprement psychologique et génétique des mêmes phénomènes, comme celle qu'on lit dans James par exemple, et nous verrons combien elle est plus satisfaisante : A l'origine tout mouvement est perçu comme mouvement et attribué indistinctement à tout le contenu de la conscience, le milieu et notre corps à la fois. Mais par une éducation progressive dont on peut marquer les étapes, notre perception se différencie. Nous attribuons par exemple à tel objet le mouvement absolu sur un fond au repos absolu. Quand tout le champ visuel donne l'impression de se déplacer ensemble, nous rectifions cette impression et croyons que c'est nous ou nos yeux qui nous mouvons. Mais ce sont des distinctions mal faites à l'origine, et maintenant encore, pour peu que nous soyons dans des circontances inhabituelles (pression sur le globe de l'œil, mouvements très brusques, etc.), nous revenons à la sensation primitive indifférenciée, etc.[1]

Là où Mach recourt à un « double flux s'écoulant d'organes innervateurs antagonistes » et se « surcompensant » réciproquement, le psychologue américain invoque l'expérience, l'éducation de la perception, c'est-à-dire le *fonctionnement de la conscience* selon ses modes propres, — la mémoire, l'attention, l'habitude, la comparaison, — fonctionnement qui pour n'être figurable

1. JAMES, *Précis de psychologie*, p. 91.

par aucun mécanisme physiologique n'en est pas moins la meilleure explication.

Au reste, l'hypothèse physiologique de Mach sur le mouvement volontaire n'est pas seulement insuffisante comme explication, elle est à rejeter complètement depuis que James a démontré que les innervations motrices d'origine centrale ne tombent pas dans le domaine de la conscience, qu'atteignent seules leurs conséquences, les contractions musculaires; et que les sensations d'effort volontaire sont exclusivement d'origine périphérique. Mach a loyalement reconnu la justesse de cette conception qui portait atteinte à la sienne. Mais, dans un passage, d'ailleurs peu clair, il persiste à croire que sa théorie reste admissible dans certains cas [1].

Il manque surtout à Mach d'avoir compris la nature psychologique de la *volonté*. De ce que dans l'acte volontaire ordinaire la représentation d'un mouvement est suivie immédiatement de l'exécution, Mach conclut faussement que la volonté motrice se réduit à une image spatiale. Or, James l'a montré dans une analyse lumineuse, une volition n'est suivie d'un mouvement réellement exécuté que si la représentation qui anticipe le mouvement s'est trouvée, au moins un instant, seule dans la conscience, sans représentation antagoniste [2]. La volonté consiste, non dans la représentation, mais dans *son exclusivité*, dans l'acte d'*attention* qui maintient telle représentation au foyer de la conscience et en chasse les autres. Cette continuelle activité de sélection est, à mon avis, l'essence même et la propriété distinctive de la conscience et constitue l'un des principaux objets qui s'offrent à l'étude d'un psychologue. Une telle vue est étrangère à Mach. Il dit quelque part, comme en passant : « Volonté et attention

1. Anal. 142-145. Conn. 74-76.
2. *Précis*, 555-606.

sont très proches parentes... Dans la volonté, et dans l'attention il y a *un choix* [1]... » Mais il n'y attache aucune importance particulière, nous verrons plus tard pourquoi. Au cours de son étude de n'importe quel fait psychique, sensations ou images, jugement, langage ou abstraction, il se heurte au *fait* de l'attention, qu'on ne peut pas éviter, car c'est le fait psychique par excellence; mais alors il semble tourner court, ou bien il parle de processus d'innervation ou d'une énergie nerveuse spécifique. Une fois il esquisse une description (citée p. 170) de l' « état que nous nommons *attention* ». Mais elle ne fait nullement ressortir ce que le processus a de spécifique.

Il ne faudrait pas que les remarques qui précèdent laissent l'impression que Mach était un esprit trop systématique, car rien n'est plus contraire à la vérité. Le « physiologisme » et le nativisme représentent une tendance très marquée dans son œuvre de psychologue, mais non un parti pris arrêté et exclusif. Quand il s'aperçoit que les faits de conscience d'un ordre plus élevé que la sensation ne peuvent être décrits qu'en langage psychologique et requièrent une explication génétique, fonctionnelle, évolutioniste ou finaliste, il en use. Sa psychologie présente donc, après la phase physique ou à côté d'elle, une *phase* qu'on peut appeler tout simplement *psychologique*. Il déclare :

> « Les philosophes d'une part exagèrent l'importance de l'analyse introspective, les psychiatres d'autre part exagèrent non moins souvent l'importance de l'analyse physiologique, alors qu'il est indispensable d'associer les deux méthodes [2]. »

Il préconise donc une position neutre qui ne rejette ni n'adopte complètement l'interprétation psychologique ;

1. Conn. 77.
2. Con. 386, cf. Anal. 278 n

et il revient en somme à une compréhension plus juste du parallélisme.

Déjà pour expliquer la perception des *corps* dans l'espace, avec leur troisième dimension, la profondeur, la distance, le relief, Mach doit admettre l'intervention des représentations ou images-souvenirs, c'est-à-dire de copies plus ou moins fugitives des sensations tactiles ou visuelles antérieures, qui viennent compléter ou remplacer les sensations actuelles. Il renonce donc à « assimiler l'organe sensoriel à un appareil de physique », et il admet, à la lumière de la théorie de l'évolution, que « nous avons affaire à un organisme vivant, avec une mémoire particulière, des habitudes particulières qui doivent leur naissance à une longue histoire de la race. Les organes des sens sont eux-mêmes une partie de l'âme, ils produisent une portion du travail psychique et ils en livrent le résultat tout achevé à la conscience [1] ».

Par exemple, pourquoi l'œil qui, à la rigueur, ne reçoit que des impressions de couleur, de lumière et d'ombre, perçoit-il *des corps*, modelés en relief? Par une habitude qui lui est propre, par un processus où les images-souvenirs viennent s'associer aux sensations et les compléter, l'œil convertit les ombres en différences de profondeur, c'est-à-dire en relief [2].

Un même dessin linéaire en perspective pourrait correspondre à un grand nombre d'objets de dimensions différentes, vus en relief. Cependant l'œil interprète le dessin d'une seule manière, en vertu d'habitudes élémentaires congénitales, selon un *principe de probabilité* (les sensations de profondeur les plus fréquemment liées à une certaine image sont reproduites plus facilement quand cette image se produit), et un

1. Anal. 58, 59.
2. Anal. 170.

principe d'*épargne* (le sens visuel ne s'impose spontanément aucun effort plus grand que celui qui est déterminé par l'excitation) [1]. Et dans les cas où ces règles autorisent à titre égal deux interprétations, nous pouvons *voir* l'une ou l'autre *à volonté*.

« Il y a influence de la représentation et de la volonté sur le processus de la vision, influence extrêmement limitée qui se réduit à la direction de l'attention et au choix de l'un d'entre les nombreux cas auxquels l'organe visuel est habitué [2]. »

On se rappelle enfin que Mach a pu démontrer expérimentalement (p. 32 ss.) que les différences réelles de la luminosité objective dans un champ éclairé sont accentuées pour notre vision, par l'effet de leur simple voisinage. Notre œil efface les différences très petites, fait ressortir les plus grandes et accentue donc tous les contrastes qui se présentent dans son champ de vision, en vertu d'une « mémoire organique » dont l'utilité biologique est évidente [3].

Mach n'a garde d'exagérer l'importance de l'activité fonctionnelle dans ces phénomènes. Il insiste sur ce que ces habitudes ont d'invétéré, d'enraciné, les rapprochant ainsi de sensations immédiates. En outre il se préoccupe de leur explication physiologique, qu'on ne possède pas encore. Il se défie des « spéculations psychologiques », il ne veut pas se laisser entraîner dans « le chenal suspect des raisonnements inconscients [4] ». Mais bien qu'il n'ait jamais prononcé, je crois, le mot de *psychologie fonctionnelle*, du moment qu'il parle d'habitude, de mémoire, d'intelligence des organes, d'interprétation selon la vraisemblance et l'économie,

1. Anal. 174.
2. Anal. 180.
3. Anal. 177.
4. Anal. 164, 173.

il n'en est pas moins entré dans la voie des explications fonctionnelles.

Cette voie le conduit enfin au problème central de la psychologie : Comment nos idées se suivent-elles, soit dans la réflexion, soit dans la libre imagination ? En quoi consiste la vie des représentations ? Quelle est la base, la racine de la conscience ? Il répond par les mots de *mémoire* ou reproductivité, et *association* [1].

Mach n'admet que l'association par *simultanéité*, c'est-à-dire par *contiguïté* : ce qui a été contigu dans les sensations se reproduit associé dans le souvenir. Un fait sensible composé des éléments ABCD pourra évoquer le souvenir d'un fait ressemblant AKLM, à cause de leur élément commun A. La ressemblance repose toujours sur une identité partielle, et la vie intellectuelle procède ainsi par une décomposition de l'expérience en ses éléments constitutifs et formation de nouvelles synthèses à partir de ces éléments [2].

Mach n'a pas aperçu la difficulté d'expliquer les cas nombreux d'association par *ressemblance* entre deux images, où il est impossible de découvrir une identité

1. Conn. 56, 57.

2. Conn. 50. — En dépit des apparences, la conception de Mach ne se confond pas avec celle des purs *associationistes*. Les psychologues de cette école en effet prétendent construire la conscience avec des états simples « comme on construit une maison avec des briques », selon le mot satirique de James. Et leur principe de construction est l'unique faculté mentale qu'ils admettent : l'association. Mach sans doute fait l'*analyse* des sensations, c'est-à-dire cherche à déterminer les états de conscience simples, les éléments. Mais il s'en tient là et ne se hasarde pas à reconstituer les états de conscience complexes par combinaison plus ou moins dosée d'éléments. On ne trouve chez lui aucun exemple de ces « synthèses psychiques » parfaitement arbitraires, qui abondent chez Spencer et chez Taine. L'association, pour importante qu'elle soit dans sa psychologie, n'est pas la seule fonction admise, puisqu'il parle aussi d'abstraction, de comparaison, de schématisation, etc. Enfin il dit quelque part : « Il faut accorder aussi la possibilité de processus psychiques apparaissant spontanément et *non* par association... » (Anal. 196.)

d'éléments. Un visage peut en rappeler un autre sans avoir en commun avec lui un seul trait identique [1].

Surtout il n'a pas vu que si l'association explique fort bien, la plupart du temps, pourquoi telle idée a pu succéder à telle autre, elle n'explique pas du tout le mouvement même et la fluidité propres à la conscience, le fait général que des états de conscience différents se succèdent, se remplacent, défilent sans cesse, chacun étant baigné, fondu et à demi enveloppé dans ses voisins. On ne trouve rien chez Mach qui ressemble à la belle description que James a donnée du *stream of consciousness*, et sa définition de la conscience par la reproduction et l'association paraît pauvre et superficielle.

A la libre imagination s'oppose la pensée dirigée, la réflexion volontaire. Quand on réfléchit à quelque chose intéressante, les idées ne vagabondent plus, elles sont ramenées vers un but et orientées, les sensations et images étrangères sont écartées. « Notre pensée, que nous croyons alors diriger volontairement, est en réalité dirigée par l'idée du problème qui revient toujours [2]. » Mais d'où vient l'*intérêt* qui a ce pouvoir de polariser la pensée ? Pour Mach c'est toujours en dernière analyse l'intérêt biologique de conservation de l'organisme.

« Chez l'homme civilisé, dont la vie matérielle est allégée, les idées qui dépendent de sa profession et de sa situation peuvent acquérir une force et une valeur telles que tout le reste paraît insignifiant à côté d'elles ; mais *elles n'étaient d'abord que des moyens de satisfaire les besoins proprement dits* [3]. »

Nous voici en pleine explication téléologique : l'at-

1. Cf. Claparède, *L'association des idées*, p. 29. Roustan, *Psychologie*, p. 286.

2. Conn. 77.

3. Conn. 79.

tention volontaire et avec elle toute la vie mentale est un moyen d'assurer la conservation de la vie organique. Il y a cependant des cas où l'activité mentale est manifestement contraire à la vie du corps. Mach cite lui-même les mésaventures du savant distrait, Archimède victime d'un soldat à la prise de Syracuse; « absorbé par une construction géométrique, il paie de la vie une adaptation biologique insuffisante dans les circonstances du moment ». C'est à peu près le même cas qu'un animal pris au piège. Il parle aussi des croyances mystiques et superstitieuses (tels les sacrifices humains) qui vont souvent à l'encontre de la conservation biologique. C'est que la vie des représentations ou l'imagination prend parfois un développement « exubérant », exagéré par rapport à l'observation des faits [1]. Ces exceptions, pour lui, n'infirment pas la règle générale, d'après laquelle la vie mentale est un moyen au service de la vie organique.

Il est certes légitime d'introduire en psychologie l'hypothèse générale de la finalité biologique, mais c'est une question que la philosophie évolutioniste a ouverte et non résolue; et il serait bon d'examiner de plus près les faits qui paraissent infirmer cette hypothèse. En outre l'explication téléologique ne dispense pas le psychologue de décrire les processus psychiques en eux-mêmes, indépendamment de leur but biologique. J'ai déjà dit que Mach n'a pas assez mis en lumière la fonction de sélection essentielle à la conscience.

Les considérations de Mach sur *le moi* sont de même bien insuffisantes. Dans l'enfance, dit-il, le moi est un ensemble de sensations organiques et cœnesthésiques associées; puis la vie des sens, enfin la vie des représentations et le besoin sexuel se développent en modifiant la personnalité [2]. — On est étonné de ne pas voir

1. Conn. 106.
2. Conn. 79.

mentionnées la vie affective, les émotions de plaisir et de peine comme un constituant essentiel du moi. L'introspection reste ici bien superficielle. Mach ne parle des troubles et maladies de la personnalité que d'un point de vue physiologique et tout extérieur (p. 169).

Sa psychologie comparée de la vie intellectuelle est plus intéressante. En partant des animaux supérieurs et de l'homme primitif et en allant jusqu'à l'homme civilisé et au savant, ce qu'il voit se perfectionner graduellement ce sont les fonctions suivantes :

L'*observation*, qui consiste à *adapter* ses représentations aux faits sensibles; une adaptation défectueuse cause l'*erreur*.

L'*invention* des instruments, qui résulte de l'*accumulation* des expériences.

Le *langage*, association spontanée de cris réflexes ou de sons vocaux aux représentations correspondantes, dont ils deviennent les *signes*.

Le *jugement*, qui consiste à considérer séparément dans un phénomène un élément déjà connu, et à marquer cela par le langage.

Le *concept* : faire rentrer dans une même classe, désignée par un mot, tous les objets qui occasionnent les mêmes réactions sensibles. Le nom qui incorpore le concept éveille une impulsion à examiner si une représentation donnée, traitée par certaines opérations intellectuelles ou manuelles, fera apparaître les dites réactions (p. 175).

Dès lors Mach s'éloigne de plus en plus de ce qu'on appelle ordinairement la psychologie générale (et qui est plutôt celle de l'adulte cultivé) pour n'étudier plus que le travail du savant, la psychologie de la recherche scientifique, du raisonnement expérimental et de la découverte. L'abstraction, l'intuition, la comparaison, l'adaptation réciproque des idées lui servent de fonctions explicatives pour les faits de cet ordre (p. 179 ss.).

Il n'a eu qu'à analyser ses propres facultés de savant et celles des autres grands investigateurs de la nature dont il connaît si bien l'histoire. Cette étude est des plus remarquables, mais la psychologie s'y transforme insensiblement en une méthodologie scientifique qui sera examinée au chapitre suivant.

En résumé et pour conclure nous dirons que la psychologie de Mach offre de grandes richesses et aussi de graves lacunes. Tout d'abord le chapitre des sensations, c'est-à-dire des impressions sensorielles par lesquelles nous percevons les formes, les sons et les mouvements, est traité avec une ingéniosité subtile, une variété de moyens, une patience et un talent admirables. Mais la tournure d'esprit du physicien, dont Mach était trop imbu (il en fait l'aveu lui-même)[1], l'entraîne à quelques excès de mécanisme. Enfin il s'en dégage et semble trouver la méthode véritable ou plutôt les méthodes du psychologue : l'introspection unie à la psychologie comparée et historique, l'explication des faits de conscience par des fonctions psychiques et non plus seulement par des mécanismes, la méthode génétique, évolutioniste, le recours inévitable à la finalité biologique. Cependant certains points essentiels restent en souffrance : le domaine des émotions et de la vie affective est laissé de côté ; le moi, la personnalité, les propriétés essentielles de la conscience et ses fonctions fondamentales, mémoire, habitude, attention, volonté, nous ont paru très insuffisamment pénétrées et comprises. La brillante analyse de la vie intellectuelle et de la recherche scientifique ne compense pas ces lacunes radicales. Car s'il est vrai que l'intérêt vital de conservation est le ressort caché de toute la vie mentale, c'est incontestablement par l'intermédiaire des tendances affectives, du plaisir et de la

1. Anal. 115.

douleur, que ce ressort agit sur le moi intelligent. Il faut qu'un psychologue montre ces connexions fondamentales, faute de quoi la vie intellectuelle, privée de son assise indispensable, est comme suspendue dans le vide. Sans prétendre sonder aussi profondément que certains psychanalystes les abîmes de la vie affective subconsciente, le vrai psychologue doit posséder le don de vision intérieure dont Maine de Biran, W. James, Ebbinghaus et d'autres sont de beaux exemples. J'ai déjà relevé chez Mach (p. 262) la tournure d'esprit extérieure, extravertie, qui caractérise le grand investigateur physicien. On ne saurait pourtant lui refuser complètement le don d'introspection, puisqu'il a décrit si finement les phénomènes de la perception et de l'intellect scientifique. Mais ne sont-ce pas là les activités les plus extérieures de la conscience? Mach n'a été très bon observateur que de la périphérie et de la superficie du moi. Le centre et le fond, ce qui le meut et le dirige, lui a échappé.

Ces remarques évidemment ne sont en aucune façon des reproches, mais plutôt le développement de l'appréciation qu'avec une simplicité et une justesse exemplaires notre auteur a donnée de lui-même, à peu près en ces termes :

> Je ne suis pas un psychologue, mais un physicien. C'est ma passion pour la théorie de la connaissance qui m'a fait aborder la psychologie, et notamment la psychophysiologie sensorielle qui est importante pour le physicien. Je fus amené de la sorte à pousser aussi loin que possible l'analyse de la sensation... J'ai été témoin de l'essor puissant que la doctrine de l'évolution a fait prendre à tous les ordres de recherches, et sous cette influence j'ai esquissé une psychologie de la connaissance scientifique... J'espère avoir fait œuvre utile aux hommes de science[1].

1. Anal. 66. Conn. Préf.

CHAPITRE XII

Mach et la philosophie des sciences

La philosophie des sciences. Les deux modes d'exposition d'une science et l'histoire des sciences. La méthode historico-critique de Mach. La classification des sciences. Rapports des mathématiques, de la chimie, de la biologie avec la physique. La méthodologie et la psychologie de la recherche scientifique. L'adaptation et l'économie. La réforme de la théorie physique. Mécanisme et énergétisme. Le but final de la recherche scientifique.

La philosophie des sciences, c'est-à-dire l'étude des problèmes les plus généraux que soulèvent les sciences, mais qu'aucune d'entre elles ne peut traiter dans son cadre particulier, est probablement aussi ancienne que les sciences elles-mêmes. Bacon, Descartes, d'Alembert, Auguste Comte ont contribué à la constituer. Mais depuis une trentaine d'années cette discipline s'affirme plus distinctement, prend droit de cité et se fait reconnaître comme une des branches de la philosophie en général, au même titre que la morale ou la métaphysique. Chacun des quatre grands Congrès internationaux de philosophie qui ont eu lieu de 1900 à 1911 a réservé, en effet, l'une de ses sections soit à l'*Histoire des sciences*, soit à la *Logique et Théorie de la science*, soit à la *Philosophie des sciences*. Ce fait afflige certains esprits, métaphysiciens traditionnels, qui

redoutent l'intrusion de la science dans le domaine de la philosophie. Pour moi, au contraire, je me réjouis de constater, avec Em. Boutroux, qu'aujourd'hui

« on rejette l'éclectisme et la dialectique abstraite, qui visent à constituer la philosophie par la simple élaboration et organisation de concepts empruntés surtout aux systèmes déjà existants. On se met directement en présence des faits, des données de la science, des conditions de la vie humaine, et si l'on essaie de continuer l'œuvre des maîtres, c'est moins en reprenant leurs doctrines pour en faire des pièces d'un édifice plus ou moins nouveau, qu'en s'inspirant de leur esprit de libre et vivante recherche [1]. »

Or cet esprit, aujourd'hui, répugne aux spéculations arbitraires. La métaphysique elle-même « s'appuie sur l'observation scientifique et ne se risque à la dépasser qu'autant qu'il en est besoin pour la résumer et la mieux faire comprendre [2] ». La philosophie des sciences est plus que jamais à l'ordre du jour.

Selon Théodore Flournoy, la philosophie des sciences comprend les études suivantes :

1° *Classification* des sciences.

2° *Logique* des sciences, qui comprend la *méthodologie*, et l'*épistémologie* ou critique des notions fondamentales des sciences.

3° *Histoire* des sciences.

4° *Systématisation* des sciences, ou étude des grandes hypothèses tendant à l'unification du savoir (évolution, énergétisme, etc.).

4° *Biologie des savants*.

6° *Occultisme* [3].

1. E. Boutroux, *La philosophie en France depuis 1867*. Revue Mét. Mor. 1908, p. 686.
2. Expression de Cournot, *Matérialisme, Vitalisme, Rationalisme*, p. 79.
3. Rev. de Théol. et de Philos., 1915, p. 400, et Ed. Claparède, *Th. Flournoy*. Arch. Psychol., 1921, p. 101.

Excepté la dernière, Mach a cultivé plus ou moins chacune de ces disciplines. Il nous reste à examiner avec quel succès.

Il est à peine besoin de rappeler ce qui caractérise en général son attitude de philosophe scientifique. Mach n'est pas un « philosophe de carrière » qui irait demander aux données des sciences des bases objectives pour ses spéculations. Il est au contraire un chercheur scientifique qui s'élève à des réflexions philosophiques, sur l'origine, le développement, le but, la nature, la méthode, la valeur de la science. C'est d'abord en lui-même qu'il « observe méthodiquement les démarches de l'esprit occupé à faire la science, de l'esprit scientifique en exercice[1] ». C'est ensuite dans l'histoire qu'il examine « les voies par lesquelles les connaissances progressent ». Son érudition, ses lectures dans le domaine de l'histoire des découvertes physiques, chimiques et naturelles étaient immenses. Et l'on peut dire que c'est par l'intermédiaire de l'histoire que Mach passe de la science à la philosophie. Toute sa théorie de la science est marquée du sceau de l'*esprit historique*, c'est-à-dire pénétrée du sentiment que les connaissances se transforment, évoluent, progressent et sont toujours relatives à une certaine époque du développement de l'humanité.

Cependant il y a une tendance profonde, native, qui préexiste chez Mach à ses travaux historiques et qui contribue naturellement avec eux à déterminer sa philosophie. Quand il parle de débarrasser la physique des traces de « métaphysique » qu'elle contient ; quand il dit : « Je ne songe pas à introduire de philosophie nouvelle dans les sciences de la nature, mais j'en voudrais écarter une ancienne philosophie vieillie[2] », il vise le rationalisme ou en général toute manière de

1. Expression de Boutroux, ibid. 699.
2. Conn., préf.

penser qui fait usage des idées d'a priori, de substance, d'absolu, de transcendant. Il leur oppose cette attitude empiriste qui a été suffisamment définie dans les chapitres précédents et qu'on pourrait appeler aussi le *positivisme expérimental*. Rappelons qu'Auguste Comte définissait l'esprit positif par deux traits essentiels : subordonner l'imagination et la dialectique à l'*observation* ; substituer la notion du *relatif* à celle de l'absolu.

***

Pour apprécier l'œuvre de Mach d'abord dans le domaine de l'*histoire des sciences*, je voudrais m'appuyer encore sur un passage de Comte. Dans la 2e leçon du *Cours de philosophie positive*, on lit :

« Toute science peut être exposée suivant deux marches essentiellement distinctes, dont tout autre mode d'exposition ne saurait être qu'une combinaison, la marche *historique* et la marche *dogmatique*.

« Par le premier procédé, on expose successivement les connaissances dans le même ordre effectif suivant lequel l'esprit humain les a réellement obtenues, et en adoptant, autant que possible, les mêmes voies.

« Par le second, on présente le système des idées tel qu'il pourrait être conçu par un seul esprit, qui, placé au point de vue convenable, et pourvu des connaissances suffisantes, s'occuperait à refaire la science dans son ensemble.

« Le premier mode est évidemment celui par lequel commence, de toute nécessité, l'étude de chaque science naissante... toute la didactique se réduisant alors à étudier successivement, dans l'ordre chronologique, les divers ouvrages originaux qui ont contribué aux progrès de la science.

« Le mode dogmatique, supposant au contraire que tous ces travaux particuliers ont été refondus en un système général, pour être présentés suivant un ordre logique plus naturel, n'est applicable qu'à une science déjà parvenue à un assez haut degré de développement... Mais, à mesure

que la science fait des progrès, l'ordre *historique* d'exposition devient de plus en plus impraticable, par la trop longue suite d'intermédiaires qu'il obligerait l'esprit à parcourir ; tandis que l'ordre *dogmatique* devient de plus en plus possible en même temps que nécessaire...

« Il faut néanmoins ajouter, pour prévenir toute exagération, que tout mode réel d'exposition est, inévitablement, une certaine combinaison de l'ordre dogmatique avec l'ordre historique, dans lequel seulement le premier doit dominer constamment et de plus en plus...

« La seule imperfection fondamentale qu'on pourrait reprocher au mode dogmatique, c'est de laisser ignorer la manière dont se sont formées les diverses connaissances humaines, ce qui... est du plus haut intérêt pour tout esprit philosophique. Cette considération aurait, à mes yeux, beaucoup de poids, si elle était réellement un motif en faveur de l'ordre historique. Mais il est aisé de voir qu'il n'y a qu'une relation apparente entre étudier une science en suivant le mode dit *historique* et connaître véritablement l'histoire effective de cette science.

« En effet, non seulement les diverses parties de chaque science, qu'on est conduit à séparer dans l'ordre *dogmatique*, se sont, en réalité, développées simultanément et sous l'influence les unes des autres, ce qui tendrait à faire préférer l'ordre *historique* ; mais en considérant dans son ensemble le développement effectif de l'esprit humain, on voit de plus que les différentes sciences ont été, dans le fait, perfectionnées en même temps et mutuellement ; on voit même que les progrès des sciences et ceux des arts ont dépendu les uns des autres, par d'innombrables influences réciproques, et enfin que tous ont été étroitement liés au développement général de la société humaine... On ne peut donc connaître la véritable histoire de chaque science, c'est-à-dire la formation réelle des découvertes dont elle se compose, qu'en étudiant, d'une manière générale et directe, l'histoire de l'humanité. »

Auguste Comte est convaincu de la haute importance de l'histoire des sciences ; mais il conçoit cette étude

comme entièrement séparée de l'étude propre et dogmatique de chacune des sciences fondamentales. Il la renvoie donc à la dernière partie de son ouvrage, relative à la sociologie et qui traite du développement général de l'humanité, « dont l'histoire des sciences constitue la partie la plus importante, quoique jusqu'ici la plus négligée ».

Ces vues si remarquables du puissant esprit qui a créé la *Philosophie positive* vont nous aider à juger l'œuvre de Mach. Retenons d'abord la distinction pénétrante établie entre l'histoire véritable des sciences et l'exposé d'une science selon le mode historique ou chronologique des découvertes.

Mach assurément n'a pas composé ce vaste tableau du développement des sciences, rêvé par Comte, et qui ne serait que la partie centrale de l'histoire générale de l'humanité. Il y a pourtant apporté d'excellentes contributions par nombre d'articles et de chapitres de ses livres. Longue serait la liste des découvertes et des théories dont Mach a retracé l'historique [1], tantôt sommairement, tantôt avec une érudition profonde, toujours d'une manière attachante, avec un véritable sentiment dramatique des luttes de la pensée humaine contre la nature et contre elle-même, avec une claire intelligence de la génération des théories comme de l'influence que tel perfectionnement technique ou tel

1. Voici quelques éléments de cette liste :
Les théories de l'acoustique et de l'harmonie musicale (Pop. 32, 48).
La vitesse de la lumière (Pop. 59).
Le stéréoscope (Pop. 78).
La statique des liquides et des gaz (Méc. 83-118).
La loi de gravitation (Méc. 180-234. Conn. 281).
Les principes de l'électricité et du magnétisme (Pop. 136. Conn. 285).
La conservation de l'énergie (Pop. 167-216).
Les découvertes de l'ozone, de la daguerréotypie, du géotropisme végétal, des germes microbiens (Conn. 290-298).
Les inventions techniques des hommes préhistoriques (*Kultur und Mechanik*).

progrès de l'organisation sociale ont exercée sur la marche des connaissances.

Que dire maintenant de la *Mécanique* et du *Traité de la chaleur* ? Ces deux ouvrages monumentaux ne sont pas précisément des histoires. Leur mérite singulier est d'offrir l'exemple d'une combinaison nouvelle de l'ordre historique avec l'ordre dogmatique dans l'exposition d'une science.

Auguste Comte avait raison de dire que l'étude de chaque science naissante commence nécessairement par le mode historique, et que plus une science est avancée, plus l'ordre dogmatique s'y impose. Ouvrez un traité contemporain de physique, vous y trouverez les résultats exposés dans un ordre qui ne présente presque plus aucune trace de leur filiation historique. Mach a voulu réagir contre cet inconvénient. Sans se priver des avantages qui résultent du haut degré de systématisation auquel sont arrivées la thermologie et surtout la mécanique, il fait voir la manière dont se sont formées successivement les connaissances. Il réintroduit dans l'exposé de la physique le tableau de son développement historique « pour autant que cela ne détruise pas l'unité de notre travail [1] ». Il y avait là un problème de composition et de didactique que Mach a parfaitement résolu. La *Mécanique* et le *Traité de la chaleur*, avec leurs citations et leurs digressions, sont assurément des ouvrages un peu longs et touffus. Mais leur ordonnance complexe est pourtant claire et heureuse.

La *Mécanique* est divisée d'abord logiquement en trois parties : principes de la statique, principes de la dynamique, conséquences et développements déductifs et formels. La première partie est divisée encore par sujets : principe du levier, principe du plan incliné,

1. Méc. 13.

etc. Mais chacun de ces sujets est développé dans l'ordre chronologique des travaux des inventeurs. La deuxième partie est traitée plutôt historiquement, par noms d'auteurs : Galilée, Huyghens, Newton, Hertz. Ensuite s'entremêlent les sujets et les auteurs : théorème de d'Alembert, théorème des forces vives, etc. (v. p. 67-79). Car l'ordre logique n'est heureusement pas toujours en opposition avec l'ordre chronologique. Ils s'accordent fréquemment : la statique précède la dynamique dans l'histoire aussi bien que pour la pensée ; les conséquences suivent les principes pour la raison comme dans la réalité.

De même dans le *Traité de la Chaleur*, le cadre fondamental est logique ou par sujets, puisqu'il comporte l'examen successif de la thermométrie, de la conduction, du rayonnement, de la calorimétrie et de la thermodynamique énergétique. Mais chacune de ces branches est développée dans l'ordre chronologique des découvertes et suivie de remarques critiques (v. p. 158).

Ainsi l'ordre systématique et l'ordre effectif ou réel sont intimement combinés, savamment fondus. Cependant Mach n'a pas désigné sa propre méthode, selon la terminologie de Comte, comme dogmatico-historique, ou logico-chronologique, mais bien comme *historico-critique*. C'est qu'au fond il ne veut présenter ni un tableau d'histoire de la science, ni un traité ou manuel systématique, ni précisément une combinaison de l'un avec l'autre. Son but est d'arriver, avec l'aide de l'histoire, a un *éclaircissement critique* des fondements de la science. Il l'a parfaitement atteint. Du concept essentiel de la mécanique, la masse, et de celui de la thermologie, la quantité de chaleur, je ne pense pas qu'on puisse obtenir une compréhension plus parfaite que celle qu'assure la lecture attentive des deux beaux livres de Mach.

Il faudrait continuer cette œuvre. Il est à souhaiter

que d'autres savants fassent la même étude, appliquent la même méthode aux autres branches des sciences physiques : acoustique, optique, électromagnétisme, chimie [1]. Ne pourrait-on enfin soumettre la biologie au même traitement ? (Quant à la psychologie et à la sociologie, elles sont sans doute encore trop peu avancées pour s'y prêter.)

Du reste les ouvrages de Mach et ceux qui leur ressemblent ne rendront jamais inutiles les manuels. Pour commencer l'étude des sciences physiques, et dans l'enseignement secondaire, un exposé systématique simple, dépouillé de considérations historiques et philosophiques, sera toujours bien préférable. Mais dans les cours supérieurs de sciences, on devrait s'inspirer de la méthode inaugurée par Mach. Seulement il faudra, pour y réussir, posséder à l'égal de ce maître le savoir, le talent didactique et le haut criticisme.

***

Quels rapports soutiennent les différentes sciences entre elles ? La science a-t-elle une unité ? C'est une des principales questions de la philosophie des sciences. La *classification des sciences* y répond en marquant plutôt leurs différences ; elle est une *diversification du savoir*. Elle a pour contre-partie naturelle l'*unification* du savoir qui s'opère par certaines grandes hypothèses générales.

Examinons maintenant quel est l'apport de Mach à l'œuvre de la classification des sciences. Mach paraît généralement beaucoup plus préoccupé d'unification que de diversification du savoir ; il cherche à rapprocher les sciences bien plus souvent qu'à les distinguer.

1. P. Duhem et H. Bouasse ont écrit, après Mach, des Histoires de la Mécanique. W. Ostwald est l'auteur d'une *Evolution de la chimie* qui répond à peu près au vœu que j'énonce. *Le Traité d'Optique* de Mach, ouvrage posthume, doit être rappelé ici. V. p. 157 n. 3, et 264 n. 2.

On ne trouve chez lui aucun essai de nomenclature, d'inventaire synoptique, de plan de distribution de l'ensemble des connaissances. Il n'indique nulle part nettement quel est le principe de classification qui aurait ses préférences [1].

Se rattacherait-il au type de classification d'Ampère, qui divise les sciences d'après leurs objets en deux grands règnes : les sciences *cosmologiques* et les sciences *noologiques* ? (Plusieurs théoriciens allemands distinguent de même les *Naturwissenschaften* et les *Geisteswissenschaften*.)

Ou bien Mach préférerait-il le type de classification subjective et tripartite d'Auguste Comte et de Cournot, qui a été notablement perfectionnée et développée par M. Adrien Naville ? On ne peut pas répondre avec certitude. Mais comme Mach parle presque à chaque page de *Naturwissenschaft* et parfois lui oppose les *Geisteswissenschaften*, il inclinerait plutôt vers le premier type. En tout cas il diffère de M. Naville en ce qu'il

1. Mach cite quelque part avec approbation cette phrase de Grassman : « La division fondamentale de toutes les sciences est la division en *sciences réelles et sciences formelles*, selon laquelle les premières reproduisent dans la pensée l'être comme se présentant au penseur avec une existence propre et ont leur vérité dans l'accord de la pensée avec cet être ; et les secondes, au contraire, ont pour objet ce qui est posé par la pensée elle-même, et ont leur vérité dans l'accord des processus mentaux entre eux. » (Méc., 462, n. J'ai rectifié la traduction française de Bertrand qui est inexacte.)

Seulement Mach ne fait pas d'application de cette idée à une classification des sciences. Comme d'ailleurs il répète volontiers que c'est la liaison intime, le commerce réciproque étroit entre l'observation et la pensée, entre l'expérience et la déduction qui explique la fécondité de la science moderne, je crois peu probable qu'il aurait placé d'un côté les sciences réelles ou d'observation et de l'autre les sciences formelles ou déductives (Conn., 211; Pop., 305).

Mach écrit ailleurs : « Stricker a fort bien mis en relief la différence entre une science *expérimentale exacte* et une science *historique* (*sociologique*), en disant que dans la première on peut par la simple volonté introduire ou écarter les circonstances et leurs suites, tandis que dans la seconde on ne le peut pas. » (Wärmel. 432.) Ici encore Mach ne donne pas de suite au principe de classification indiqué.

laisse confondre, avec beaucoup de négligence et ne met aucun soin à distinguer les trois catégories que le logicien de Genève sépare au contraire avec une netteté et une vigueur sans pareilles, et qui président aux trois classes de sciences : La *loi* ou relation nécessaire entre des possibilités, le *fait* ou réalité dans le temps et l'espace, la *règle*, possibilité bonne ou programme idéal d'action [1].

On se rappelle comment se produit cette confusion chez Mach. Il définit les *lois* scientifiques tantôt comme de simples formules résumant les observations, comme des « descriptions compréhensives », et il les ramène donc aux *faits* (p. 48, 87) ; tantôt il envisage les lois comme des guides pour notre activité mentale, comme des *règles* de reconstruction des phénomènes (p. 210). Dans le premier cas il obéit à sa tendance empiriste, dans le deuxième à sa tendance utilitaire ou mieux, pragmatiste. Dans l'un et l'autre il tire la leçon de ses études historiques. C'est l'histoire en effet qui ignore nos catégories logiques et qui lui a montré : que les sciences se développent en quelque sorte toutes ensemble et en s'appuyant réciproquement ; que les lois, même des sciences déductives comme la géométrie et la mécanique, reposent sur une base de faits d'observation sensible ; enfin, que les progrès de la science pure et ceux de la technique et des arts (sciences de règles) sont étroitement solidaires. La thermodynamique, par exemple, s'est développée principalement autour de la machine à vapeur. Et en général, dit-il, « toutes les tâches scientifiques, qu'elles aient ou non déjà trouvé une application pratique, peuvent être regardées comme des moyens intermédiaires ou des étapes de la résolution de tâches pratiques [2] ».

1. Ad. Naville, *Classification des sciences*. Alcan, 1920.
2. Pop. 447.

A défaut d'une vue nette sur la totalité des sciences et leurs divisions, ce que nous trouvons du moins chez Mach ce sont des considérations fort intéressantes sur les idées maîtresses des grandes sciences et leurs rapports. Il s'est occupé notamment d'analyser les ressemblances et les différences entre la physique d'une part et la mathématique, la chimie et la biologie d'autre part.

Mathématiques. — Bien qu'il en ait déjà été question incidemment dans la première partie de ce livre, je crois utile de résumer ici la philosophie des mathématiques de Mach, qui n'existe d'ailleurs, il le déclare, qu'à l'état de programme [1].

L'expérience externe nous fait connaître des *groupes* de termes invariables égaux. Elle nous enseigne en outre à ordonner ces termes au moyen d'objets familiers (les doigts) auxquels nous les faisons correspondre. Cela s'appelle compter. Ici s'arrête la fonction de l'expérience externe. C'est notre *activité ordonnatrice interne* qui entre ensuite en jeu. Supposant que les groupes restent invariables (c'est le seul postulat de l'arithmétique), cette activité les classe de diverses manières. Les propositions arithmétiques expriment des équivalences entre divers modes de classement : le groupement 2×2 équivaut au groupe 4. Incontestablement il s'agit toujours ici d'expériences, mais indépendantes des expériences physiques. En même temps que j'ai la représentation de 2×2 points, j'ai celle de 4 points : en arithmétique on saisit en deux actes d'attention différents une même représentation d'ensemble. Il en est autrement dans l'expérience physique : je puis percevoir deux corps, mais c'est un nouvel acte particulier de perception qui m'apprend qu'ils s'attirent. Dans l'expérience mathématique, l'acte empirique de sensation est unique et indivisible ; de là un sentiment particulier de certitude. En outre la supériorité logique de la mathématique résulte de ce qu'elle opère en général avec des concepts constructifs qui créent

1. Warmel. 68.

leur objet et ne contiennent que ce qu'on y a mis, tandis que le physicien doit contrôler ses concepts par l'expérience, et attendre de voir jusqu'à quel point les objets naturels veulent bien leur correspondre. Pourtant en mathématique aussi, il se produit, sans l'intention du chercheur, certaines formations (Gebilde), dont il doit ensuite faire l'étude [1].

L'expérience quotidienne nous montre des corps solides spatialement constants. Faire coïncider un solide avec un autre, c'est le *mesurer*. On a mesuré d'abord avec les mains et les pieds, ensuite avec un étalon conventionnel. Par certaines mesures d'un objet, d'autres mesures du même objet sont codéterminées. La géométrie scientifique a pour tâche d'établir la dépendance réciproque des mesures. L'histoire de la science met en pleine évidence le fait que l'arithmétique et la géométrie se sont développées à la suite d'une collection fortuite d'expériences particulières sur des objets matériels qu'on pouvait compter et mesurer. Les conceptions fondamentales y sont donc, *comme celles de la physique*, empruntées à l'expérience externe. Seulement pour pouvoir pratiquer avec elles l'*expérimentation mentale*, on les simplifie et on les idéalise. Les unités de l'arithmétique sont supposées absolument égales; les droites et les plans de la géométrie sont conçues comme des figures parfaites, telles qu'il n'en existe pas dans la réalité. C'est grâce à cette opération que nous acquérons une entière domination logique sur elles, que nous pouvons faire des découvertes dans la pure imagination géométrique, résoudre des problèmes sans l'aide de l'expérience physique et émettre des jugements géométriques parfaitement rigoureux. Ces jugements n'ont à l'égard de la réalité sensible qu'une valeur hypothétique, c'est-à-dire : une déduction géométrique ne s'applique aux objets matériels qu'avec la même approximation que ses prémisses le faisaient. Mais la physique aussi idéalise ses objets : le gaz parfait, le milieu homogène, le courant d'intensité parfaitement constante, tous ces concepts physiques ont le même caractère de conditionalité et d'approximation [2].

1. Pop. 473. Wärmel. 421, 453, 456. Conn. 321.
2. Anal. 155-158. Conn. 210. Pop. 475-476.

Les propositions les plus simples de la mathématique et celles de la physique ont encore en commun le caractère suivant : que l'on parle d'un corps qu'on échauffe, et qui fond, ou bien de l'angle d'un triangle qu'on accroît, ce qui fait grandir le côté opposé, il s'agit toujours d'une liaison entre deux réactions. L'évidence de la géométrie ne vient pas de ce que ses notions seraient acquises par une espèce de connaissance toute particulière, mais de ce que le matériel d'expérience y est à notre disposition très facilement, qu'il a été mis à l'épreuve très souvent et peut à chaque instant être contrôlé de nouveau. Le domaine du seul espace est aussi bien plus limité que celui de l'expérience totale [1].

Cet exposé montre, je crois, que dans l'esprit de Mach les ressemblances entre les mathématiques et la physique prennent le pas sur les différences. Pour l'arithmétique il fait des réserves, sa position reste un peu indécise, mais la géométrie, il l'assimile presque à la physique. « Une bonne partie de notre géométrie, dit-il, est une véritable physique de l'espace. » En résumé si les objets des mathématiques (les « ensembles » et l'espace) sont plus simples que ceux de la physique, l'une et l'autre science ont même origine empirique et pratique, même méthode (abstraction, hypothèse, analyse et déduction), enfin même valeur toute relative.

Chimie. En quoi diffèrent les faits chimiques et les faits physiques ?

Un corps est un complexe de propriétés, et la « matière » n'est que la représentation de la cohésion de ce complexe. Quant deux corps agissent l'un sur l'autre, la somme des masses demeure toujours inchangée, et il y a égalisation des « valeurs de niveau » (potentiels) des deux masses. Mais dans les processus physiques, cette égalisation porte seulement ou surtout sur *une* propriété (par exemple l'échange

1. Anal. 283.

de température entre un corps chaud et un corps froid); tandis que dans les processus chimiques, elle porte sur *toutes* les propriétés (ex. une masse de sodium et une masse de chlore se combinent en chlorure de sodium, entièrement différent). En outre les corps qui ne subissent que des modifications physiques conservent chacun sa masse. Quand deux corps réagissent chimiquement de manière à en produire deux autres, il y a *déplacement* des masses. Enfin deux corps peuvent être mélangés physiquement en toutes proportions; ils ne peuvent être combinés chimiquement qu'en certaines *proportions définies* (loi de Proust). On peut dire que les potentiels physiques sont continus, tandis que le potentiel chimique présente des échelons discontinus. L'hypothèse atomique rend compte de ce fait d'une manière très satisfaisante[1].

Voilà donc, fort proprement exposées par Mach, les différences essentielles entre la physique et la chimie (telles du moins qu'on les concevait vers 1900). Mais voici, selon son habitude, la vue unificatrice :

Les processus chimiques portent plus profond que les physiques. Ceux-ci obéissent à certaines équations qui représentent les relations constantes des éléments qui y figurent. Quand une transformation chimique se produit, ces équations sont remplacées par d'autres toutes nouvelles. Les lois chimiques complètes seraient les règles du passage d'un système d'équations à l'autre. Etant d'un ordre plus élevé que les lois physiques, elles engloberaient celles-ci[2].

Biologie. — La nature organique a certains caractères propres dont il n'y a pas d'analogues jusqu'ici dans les phénomènes physiques. Un organisme est un système qui peut maintenir son état chimique, thermique, etc., contre des influences extérieures et présente un *équilibre dynamique* stable. En dépensant de l'énergie, il peut s'approprier d'autres énergies tirées du milieu, et qui compensent ou dépassent même les pertes subies. On a comparé le processus vital à une flamme. En effet le feu se transfère spontanément à son milieu, il s'entretient en portant les corps voisins à la température d'inflammation et en les entraînant ainsi dans le processus de combustion. Il assimile, s'accroît, se répand, se reproduit. Faut-il parler de machines thermiques qui se procureraient elles-mêmes leur combustible ? Ce ne serait encore qu'une image fort grossière des organismes; car ils possèdent leurs propriétés vitales jusque dans leurs plus petites parties, les cellules, et ils se régénèrent et se reproduisent par elles. Aussi ne peut-on pas écarter *a priori* la prétention des *vitalistes* d'étudier les phénomènes biologiques en eux-mêmes, et de croire qu'ils sont dominés par des lois différentes, au moins en partie, des lois physiques[1].

1. Wärmel. 355.
2. Wärmel. 360.

Les faits physiques sont généralement assez peu complexes pour qu'on puisse y saisir des *connexions immédiates*. C'est-à-dire que nous pouvons les comprendre *causalement*. En biologie, souvent, on ne voit pas les liaisons immédiates; il manque des termes intermédiaires. Nous ne pouvons comprendre la conformation des organes, la croissance des végétaux, les instincts des animaux qu'en concevant certains éléments de ces faits complexes comme liés par une espèce toute nouvelle de connexion : la relation *finale* ou *téléologique*. Les instincts par exemple semblent dirigés vers le but de la conservation de l'individu ou de l'espèce, comme si l'avenir, lointain et incertain, pouvait exercer une *action à distance* et déterminer le présent. Mais si l'on songe que les processus de la vie reviennent périodiquement dans chaque génération, on regardera les actes instinctifs comme des traces du passé des innombrables ancêtres de l'animal, plutôt que comme dirigés par un but à venir. On peut d'ailleurs opérer un retournement de point de vue qui met hors de jeu le concept téléologique. Au lieu de dire par exemple : l'œil a un dispositif de mise au point, afin de voir à différentes distances, on peut dire : l'œil voit

1. Anal. 81-82.

à différentes distances; il faut donc que son appareil dioptrique soit modifiable; en quoi consiste cette modification? Ainsi le mode de raisonnement des biologistes se rapproche de celui des physiciens [1].

Au fond, la *finalité* gît dans le déclanchement des fonctions organiques les unes par les autres, dans le fait qu'elles ne sont pas limitées au présent immédiat. Dans le monde organique, une tranche beaucoup plus large du devenir universel, l'influence d'un entourage beaucoup plus étendu dans le temps et dans l'espace se manifeste. C'est pourquoi ce monde est plus difficile à pénétrer. Mais il n'y a compréhension véritable, causale, d'un objet complexe que lorsqu'on réussit à l'analyser en ses éléments immédiatement connexes. Aussi faut-il considérer comme *provisoire* le point de vue, d'ailleurs fécond, qui attribue au règne organique des caractères spécifiques irréductibles à ceux de l'inorganique [2].

Cette conception paraîtra juste et modérée. Mach examine sous ses aspects principaux la question de savoir si la biologie pourra être ramenée à la physicochimie, et il la laisse ouverte. Cependant il incline à la réponse affirmative.

Pour terminer cette revue des sciences fondamentales, il resterait maintenant à voir ce que Mach pense de la *psychologie* et de son rapport avec les sciences physiques. Nous avons déjà reconnu (chap. XI) que la compréhension de la psychologie comme science est un point faible chez Mach. Il n'a pas saisi clairement son objet et sa méthode propres, parce que la véritable nature de l'attention, de la mémoire, de l'association des idées lui échappait. Il affirme que la « matière » de la psychologie ne diffère pas de celle de la physique, puisqu'elle consiste en dernière analyse en sensations

1. Anal. 72-78.
2. Anal. 197.

simples qui sont aussi les éléments constitutifs du monde physique. Seule la « direction de la recherche » serait différente [1]. Mais que faut-il entendre par là? Mach déclare quelque part incidemment que « les représentations sont liées entre elles d'une autre manière (lois de l'association, de l'imagination) que les éléments sensibles » du monde matériel [2]; et que les questions qui se posent dans le domaine physique et dans le domaine psychique « sont tout autres [3] ». Mais ailleurs il écrit :

« Il nous semble que nos représentations sont indépendantes des processus physiques, et forment pour ainsi dire un monde à part, avec des lois plus libres, d'un autre ordre. Ce n'est là certainement qu'une illusion [4]... »

Quelle que soit la véritable position de Mach à l'égard de ce problème délicat, sa tendance unificatrice, ici encore, est prédominante. Il écrit :

« La psychologie est une science auxiliaire de la physique. Les deux disciplines se soutiennent mutuellement et ne forment une science complète que par leur association [5]. »

En résumé une classification proprement dite des sciences fait défaut chez Mach. Il se borne à caractériser les sciences maîtresses, non pas en elles-mêmes, mais par rapport à l'une d'entre elles, la physique, qui leur sert à toutes de critère. Si donc une sorte d'organisation des sciences résulte de ces remarques, elle se distingue par un trait original des classifications de Comte et de M. Naville. Dans ces dernières, la disposition des sciences de lois est *scalaire* ou *hiérarchique*;

1. Anal. 14.
2. Anal. 29.
3. Anal. psych 1906, 316.
4. Anal. 277.
5. Anal. 278.

chez Mach elle est *centrique* ou *polarisée* autour de la physique. En effet, selon M. Naville, les six sciences de lois « forment une série conformément au principe de complexité croissante. Chacune suppose la science précédente, dont elle comprend les objets, mais en ajoutant un objet nouveau. Au commencement de la série la science mathématique. Elle connaît le nombre, le temps, l'espace, le mouvement, mais elle ignore la matière et la force. La physique inorganique ajoute plusieurs notions nouvelles, mais elle ignore la vie. » La biologie somatique ajoute la vie, mais elle ignore la conscience, et ainsi du reste[1]. Chaque science commande donc la suivante. La série est comme un escalier dont chaque marche s'appuie sur la précédente et en dépend. Au contraire Mach rapporte toutes les sciences à l'une d'elles prise comme centre et comme type. Il les dispose toutes en éventail autour de la physique.

On ne peut pas dire qu'il ait réduit toutes les sciences à la physique. Pour l'arithmétique d'une part, pour la psychologie de l'autre, ce ne serait vraiment pas possible. Du moins il a fortement marqué ce qui rapproche de la physique la géométrie, la chimie et la biologie. De la géométrie ou physique particulière de l'espace, à la biologie ou physique complexe des organismes, il y a une progression manifeste, qui probablement n'a pas échappé à Mach, mais elle l'intéresse bien moins que la position de chacune des sciences relativement à la science modèle vers laquelle elle regarde. L'idée toujours présente à son esprit, c'est celle d'une science très vaste, unique quoique diverse : la *Naturwissenschaft*, la physique au sens large, l'ensemble cohérent des sciences physicochimiques et naturelles.

Si l'on voulait reprendre à ce propos une image plastique familière — que Mach lui-même s'est abstenu

1. Ad. Naville, *Classification des sciences*, p. 203, 15.

d'évoquer — on pourrait dire que son « Arbre de la Science » a pour racines l'observation, l'expérience et la déduction ; pour tronc la physique ; pour branches, d'abord la mathématique, longue branche bien déliée, achevée jusqu'en ses derniers détails ; ensuite la chimie, encore inachevée mais déjà envahissante, et qui pourrait bien un jour se substituer au tronc ; la biologie, plus informe encore et dont les développements futurs ne sont pas moins imprévisibles ; enfin la psychologie, d'un dessin très incomplet, rattachée sans doute comme les autres aux racines de l'expérience et au tronc de la physique, mais avec je ne sais quoi d'étranger dans sa structure.

La question des rapports entre les sciences n'est pas traitée systématiquement chez Mach. Mais son organisation des diverses sciences autour de la physique, science-mère et science directrice, pourrait être le principe d'un système de classification original.

***

Le tableau de la philosophie des sciences selon Th. Flournoy comprend trois disciplines que nous n'avons pas encore examinées : la *logique* des sciences, la *systématisation* des sciences et la *psychologie du savant*. C'est à dessein que je les rapproche, car on ne pourrait considérer séparément comment Mach a contribué à chacune d'elles. Elles apparaissent étroitement liées et même mêlées dans son œuvre.

Au lieu de psychologie du savant et de logique des sciences, il vaut mieux, quand on parle de Mach, employer les expressions, presque équivalentes, dont il usait lui-même : *psychologie de la recherche* ou *de la connaissance scientifique* et *méthodologie des sciences*[1]. Il unissait habituellement ces deux termes, sans paraître soupçonner, — si ce n'est tardivement et sous

1. Préf. de Conn.

l'action des critiques de Husserl, — que beaucoup d'esprits voient une opposition profonde entre le point de vue de la psychologie qui décrit des faits réels et celui de la logique qui prescrit des règles et des méthodes idéales. Chez Mach la théorie de la méthode, les vues logiques sont l'aboutissement tout naturel de l'histoire et de la psychologie de la recherche scientifique. Il n'avait aucune raison de mettre la pensée logique *en dehors* de la pensée naturelle, puisqu'il était persuadé au contraire qu'elle la continue et en constitue seulement un *cas limite* idéal[1]. En outre, ce qui fait pour lui qu'une connaissance est vraie, qu'une méthode est juste, ce n'est pas leur conformité à des règles *a priori* de la logique, mais leur succès, leur utilité biologique, leur vérification par les faits (p. 174, 304).

Enfin, un élément de *systématisation* pénètre aussi bien sa psychologie que sa méthodologie scientifiques. La systématisation consiste à interpréter un grand ensemble de connaissances par une hypothèse générale. Or durant ce dernier siècle, deux grandes hypothèses scientifiques ont surgi pour ainsi dire sous les yeux de Mach, et il a pris part, de toute l'ardeur de son intelligence, au mouvement d'idées qu'elles ont suscité : le *transformisme évolutioniste*, et l'*énergétique*. De l'une et de l'autre il a fait une application très personnelle à sa théorie de la science.

Dans sa *psychologie de la recherche* scientifique on pourrait distinguer d'abord une partie purement descriptive. C'est celle où il analyse et met sous nos yeux avec tant de clarté les raisonnements, les procédés, la « tactique » des grands chercheurs; d'abord leurs démarches conscientes, telles qu'elles apparaissent dans leurs écrits, ensuite même les associations accidentelles subconscientes, ce que Mach appelle le *hasard*

1. Méc. 462, 463.

psychique et à quoi il attribue avec raison un grand rôle dans les découvertes (p. 189). Inutile d'insister sur les mérites de ces descriptions si perspicaces et si vivantes. Ils sont apparus déjà au lecteur.

La partie interprétative, c'est-à-dire l'explication biologique que Mach donne de la connaissance scientifique ne me paraît pas moins originale ni moins heureuse. Il conçoit les processus de la connaissance comme des cas particuliers ou des parties des réactions biologiques favorables à la conservation de l'homme. Sans assimiler brutalement la recherche de la vérité scientifique à la satisfaction des besoins organiques, il admet qu'après le développement de la société et la division du travail entre les classes, l'intelligence vient à considérer pour soi-même ce qui n'était d'abord qu'un moyen pour la satisfaction des besoins vitaux; alors l'incommodité pratique est remplacée par l'incommodité intellectuelle, et l'objet intermédiaire devenu un but est poursuivi avec le même zèle et les mêmes moyens que pouvait l'être précédemment l'apaisement de la faim. Les mouvements instinctifs du sauvage, les manières de voir, les tours de main vulgaires de l'artisan deviennent insensiblement les manières de voir et les artifices du physicien[1].

L'idée d'*adaptation*, empruntée par Mach au darwinisme, est certainement applicable à l'activité mentale. Que se passe-t-il, en effet, chez l'homme qui commence à observer et à connaître le monde, sinon une adaptation de ses pensées aux phénomènes? Involontairement nos pensées reproduisent ceux d'entre les phénomènes qui se répètent avec une certaine uniformité. Par association d'idées, nous complétons mentalement le phénomène à demi observé, nous prévoyons la suite d'un processus qui commence. Il y a là une contrainte

1. « Scientia » 1910, p. 128.

mentale, source du *sentiment de causalité*, et qui se confond avec celle même qui détermine la production des faits, c'est-à-dire la *loi* naturelle. L'adaptation cependant n'est pas achevée du premier coup, elle procède par étapes, par approximations successives. Observe-t-on un fait nouveau qui est en désaccord avec l'habitude mentale, il faut que celle-ci se modifie conformément au cas nouveau. La recherche scientifique, c'est la poursuite intentionnelle et volontaire de cette adaptation. Il devient possible d'embrasser un ensemble croissant de faits par une même habitude mentale, et d'autre part de faire correspondre les différences dans les faits à des variations de l'habitude mentale. C'est ainsi que la méthode essentielle de la recherche expérimentale, la méthode des variations, et tous les procédés de l'expérimentation sont rattachés ingénieusement par Mach à un besoin biologique inné. On a vu ensuite combien ses considérations sur l'abstraction et la comparaison, sur l'hypothèse, la résolution analytique ou synthétique des problèmes, l'induction et la déduction sont judicieuses (p. 177, 180 ss.). Toutes ses vues sur l'objet de la science se résument dans cette ingénieuse formule : l'adaptation des idées aux faits est ce qu'on appelle l'observation ; l'adaptation des idées entre elles, c'est la théorie[1].

Ce processus mental n'est pas un mécanisme aveugle; il poursuit un but : l'*économie* de pensée qui constitue la science, c'est-à-dire la coordination des connaissances, complète, exempte de contradiction logique et la plus simple possible. Cette conception de l'économie de pensée, bien que préparée par plusieurs devanciers, et partagée par un contemporain, Avenarius, est une des plus originales de Mach. Elle est juste et féconde si on la comprend bien Un critique, Husserl,

1. Wärmel. 386.

qui a fait au sujet de « l'économie mentale » de Mach cette réserve qu'il est impossible de « fonder » sur elle sans cercle vicieux la logique pure (normative) et la théorie de la connaissance, a reconnu d'autre part la vérité *psychologique* de cette conception et sa haute valeur pour l'étude pratique de la science et de ses méthodes. Il est certain que le langage en général, les symboles et formules mathématiques, les concepts, les lois, les classifications dans les sciences de la nature peuvent être regardés comme des instruments, prêts à l'usage, où une somme considérable de travail mental est accumulée à l'effet d'épargner le travail ultérieur. Il est évident que la recherche scientifique est par sa nature orientée vers une utilité théorique et pratique : prévoir les événements futurs, reconstruire le passé, dominer les choses environnantes[1].

***

Théoricien ingénieux de la méthode scientifique, Mach est, de plus, un réformateur du système ou de la *théorie de la physique*. Nous examinerons son attitude à l'égard du mécanisme et de l'énergétisme.

On sait que l'étude positive de la nature a commencé, lors de la Renaissance, par les lois de la chute des corps et d'autres, toutes relatives aux masses, aux mouvements, aux vitesses, aux accélérations. Il se trouve que ces relations s'expriment facilement sous forme numérique et géométrique et constituent bientôt un système remarquable par son unité, sa simplicité, sa logique : la mécanique rationnelle. D'autre part l'expérience quotidienne apprend que tous les changements que nous produisons dans le milieu sont effectués par le moyen de mouvements, et que tous les phénomènes physiques présentent un côté mécanique : le

1. Husserl, *Logische Untersuchungen*, I, p. 202, 195.

corps échauffé se dilate, les corps électrisés s'attirent, etc. De là la croyance naturelle, instinctive, nécessaire, que le système si simple et si logique, qui a trouvé son expression achevée par exemple dans la *Mécanique analytique* de Lagrange, est le système complet de la nature. Jusque vers 1850 a régné traditionnellement sur la physique une théorie *mécaniste* qui prétendait expliquer tous les phénomènes de lumière, de chaleur, d'électricité, de combinaison chimique par des mouvements de points matériels.

« Pour assimiler les formules des phénomènes expérimentalement étudiés aux équations de la dynamique, on suppose que le système renferme des masses *inaperçues* et des mouvements *cachés*. Comme rien ne vient préciser et limiter la nature, le nombre, la complication de ces masses et de ces mouvements... il est toujours permis d'espérer, quelles que soient les formules, que l'on pourra les ramener aux lois de la mécanique[1]. » Et ces éléments figurés, quoique hypothétiques, étaient souvent réalisés. On leur prêtait une existence absolue, une valeur ontologique.

C'est la création de la thermodynamique expérimentale qui vint faire brèche à ce bel édifice. Le deuxième principe thermodynamique, celui de Carnot-Clausius, oppose en effet de grandes difficultés à la théorie mécaniste classique. Celle-ci ne peut pas rendre compte des phénomènes irréversibles et de la diminution sans retour de l'énergie utilisable ou augmentation d'entropie qu'affirme ce principe. La seconde moitié du dix-neuvième siècle a donc vu une nouvelle école de physiciens critiquer le mécanisme, rejeter la valeur ontologique de ses éléments figuratifs, dénoncer leur caractère hypothétique et concevoir une physique positive, *phénoménologique* en même temps qu'*abstraite*,

1. Duhem, cité par A. Rey, *La Théorie de la physique*, p. 28.

c'est-à-dire attachée aux seuls faits sensibles mesurables et à leurs grandeurs définies algébriquement. Quelques-uns remplacent expressément le mécanisme par une théorie opposée : l'énergétisme. M. Abel Rey a montré, dans sa belle étude sur *La Théorie de la Physique chez les physiciens contemporains* (1907)[1], que Mach est, avec Rankine, à la tête de ce mouvement de réforme.

Nous avons déjà exposé (p. 48, 91 ss.) les principales critiques que Mach adresse au mécanisme. Il a surtout remarquablement mis en évidence l'origine historique et psychologique du « préjugé qui fait de la mécanique la base fondamentale de toutes les autres branches de la physique ». Il accorde cependant que c'est un mérite durable de la physique mécaniste d'avoir éclairé de vastes chapitres de la physique par des analogies mécaniques (théorie de la lumière, théorie cinétique des gaz et des solutions), et d'avoir déterminé les relations quantitatives exactes entre les processus mécaniques et d'autres processus physiques (thermodynamique)[2]. Mais précisément les lois de la mécanique sont sur le même niveau que les autres lois physiques. On peut par ex. mettre en parallèle les notions physiques de température et de potentiel électrique et chimique avec la notion mécanique de vitesse, comme étant des grandeurs analogues. L'erreur est de vouloir ramener, subordonner la physique à la mécanique, car les phénomènes mécaniques sont au contraire un cas particulier des phénomènes physiques. La mécanique n'a pas à fournir l'explication des lois physiques, mais elle constitue par ses méthodes de recherche et d'exposition un modèle formel que le physicien doit avoir devant les yeux.

L'atomisme est le corollaire inséparable du méca-

1. Je fais ici plusieurs citations de cet ouvrage, p. 38-49, 76, 81.
2. Wärmel. 362.

nisme. Mach le combat également dans sa prétention naïve de faire d'un élément substantiel absolument constant (l'atome) l'idée fondamentale de la physique. On ne peut pas contester, avoue-t-il, la valeur heuristique et didactique de la notion d'*atome*, qui procède de son caractère intuitif. Mais il faudrait extraire de l'atomistique ce qu'elle renferme d'essentiel, de conforme aux faits, et rejeter tout le reste comme superflu [1].

Si vive que soit parfois sa critique des théories atomico-mécanistes, elle admet aussi des atténuations. Ces théories ont rendu des services ; Mach ne les condamne pas pour elles-mêmes, mais plutôt pour les fautes de méthode qu'elles entraînent à commettre : abuser des hypothèses, les réaliser, prendre au sérieux ce qui ne doit être pris qu'au figuré.

On comprend donc comment il se fait que Mach, adversaire du mécanisme, n'est pas pour cela un partisan du système rival : l'*énergétisme*; du moins, il ne l'est pas à la manière d'Ostwald. Il admet bien que les lois énergétiques dominent la physique, en ce sens que tout changement d'état physique est caractérisé par une transformation d'énergie.

Mais ces lois « ne nous assurent qu'une compréhension partielle des processus physiques. En effet la première enseigne dans quelles proportions les énergies se transforment les unes dans les autres, *si toutefois* une transformation a lieu. La seconde indique le sens dans lequel la transformation incline à se produire. Mais ces deux déterminations ne suffisent pas du tout pour prévoir ce qui se passera dans un système complexe où les parties sont liées de diverses

1. Tout en écartant délibérément la notion d'atome substantiel, Mach ne nie pas que « ce qui remplit l'espace » puisse avoir une structure discontinue, granulaire. Il admettrait qu'on parlât d' « éléments de volume » qui, à une échelle de grandeur réduite, posséderaient seulement les propriétés réellement observables sur les corps que nous connaissons, et seraient ainsi « exempts de tout caractère hypothétique » (Wärmel. 431 n. et 430).

manières les unes aux autres. » Ainsi l'énergétique ne saurait nous faire comprendre les phénomènes biologiques [1].

Dans un des brillants essais qu'il a joints à ses *Conférences scientifiques populaires* [2], Mach envisage la vie économique, commerciale et industrielle des sociétés humaines, comme un vaste processus d'acquisition et de consommation d'énergie. Mais, il a soin de le dire, ces transformations énergétiques sont influencées par l'intelligence. Or ce qu'on appelle, de façon équivoque, le « travail » intellectuel, étant tout de choix, d'orientation, ne peut être mesuré en kilogrammètres. Les changements physiques que la pensée réalise sont sans proportion assignable, sans commune mesure avec elle.

« L'énergie est un concept métrique, et ne peut nous être d'aucun secours en psychologie, où il s'agit de processus qualitatifs. On ne voit pas ce qu'ajouterait l'hypothèse d'une énergie psychique consciencielle spéciale, différente des autres formes d'énergie. Cette supposition serait inutile et sans rôle en physique et ne ferait pas mieux comprendre quoi que ce soit en psychologie [3]. »

On voit combien l'attitude toujours critique de Mach l'éloigne des purs énergétistes dogmatisants, pour qui l'*Energie*, nouvelle entité substantielle et absolue, constitue le fond de toute réalité physique ou psychique et l'explication universelle. Il y a là une extension abusive d'un concept. En face de la pensée si souvent divagante d'un Ostwald, celle de Mach représente la ferme et droite raison scientifique.

Le véritable sens de la réforme préconisée par Mach dans la théorie de la physique n'est donc pas de détrôner le mécanisme pour introniser l'énergétisme,

1. Pop. 442.
2. *L'aspect physique et l'aspect psychique de la vie*. Pop. 441 ss.
3. Erk. 43. Anal. 304.

mais plutôt de substituer à la physique des « fictions hypothétiques » une physique purement phénoménale et abstraite. Or ce faisant, et bien qu'il combattît la physique mécaniste qui semblait avoir pour elle la tradition, Mach revenait en somme à l'idéal des grands créateurs de la science moderne, de Galilée à Newton.

Observer les phénomènes, y discerner les éléments qui paraissent dépendre les uns des autres, faire varier expérimentalement leurs grandeurs et les soumettre à des mesures exactes, résumer ces variations concomitantes en équations algébriques. en un mot « décrire abstraitement les phénomènes par des nombres », tel est bien le programme positif idéal de la physique moderne. Et l'élimination des hypothèses et explications adventices et arbitraires, des théories figuratives superflues n'est que la contre-partie négative de ce programme.

Mais là est le point délicat. Car le besoin de comparer, d'expliquer les choses nouvelles et moins connues par celles qui nous sont plus familières, est le ressort même de l'activité mentale, et l'hypothèse est un moyen essentiel du progrès scientifique. La sévérité, le zèle de Mach contre toutes les constructions représentatives auxiliaires, sa crainte qu'elles ne nuisent au progrès ultérieur des connaissances sont parfois excessifs . Il aime à répéter le mot de Mayer : « Quand un fait est connu sous tous ses aspects, il est par là même expliqué. » La stricte économie de la pensée ne demande

1. Ainsi Mach va certainement trop loin quand il déclare que « les hypothèses mécanistes ne peuvent entraîner *aucune épargne* proprement dite de la pensée scientifique. » L'attitude d'Henri Poincaré, assez voisine de Mach en général, est à cet égard moins radicale. Le savant français admet en effet que « pour le moment il est bon de se servir soit des représentations mécanistes, soit des représentations énergétistes, en ne les acceptant que sous bénéfice d'inventaire et comme des instruments plus ou moins commodes ». (A. Rey, *La théorie physique*, p. 47). Du reste la nouvelle physique des électrons tend à réhabiliter les théories figuratives et constitue en quelque sorte un néo-mécanisme. Pour les physiciens d'aujourd'hui Mach est évidemment déjà un peu vieilli.

en effet rien de plus ; c'est le mot de la sagesse positiviste. Cette sagesse, pensera-t-on, « nous condamne à un ascétisme intellectuel dont l'esprit humain prend malaisément son parti[1] ». Mais il faut considérer que ce qui serait un défaut pour un philosophe — que Mach ne veut pas être — est une qualité pour le méthodologiste qu'il veut être.

En somme Mach a parfaitement réussi dans son effort pour définir et illustrer la véritable attitude scientifique. Il a très bien senti, notamment, que la différence principale entre la méthode de la métaphysique et la méthode scientifique gît dans leur manière d'employer l'hypothèse. Tandis que la première en fait l'usage le plus libre et le plus large, « la science a appris depuis Newton, à apprécier à leur juste valeur, qui est minime, les hypothèses, les insertions d'un X ou d'un Y entre les données connues. Car c'est moins l'hypothèse, toujours provisoire, que la méthode analytique de recherche qui fait essentiellement progresser la science[2] ».

Cette conception rigoureusement positive et critique de la science culmine, pour ainsi dire, dans les vues de Mach sur la « description indirecte » et la « description directe » (p. 183). Aussi longtemps, disait-il, qu'une certaine classe de faits (par ex. le magnétisme) ne se laissent pas décrire directement, nous sommes justifiés à les représenter par une théorie, par une analogie avec des faits plus familiers (le courant d'un fluide). Mais l'idéal vers lequel tend tout exposé scientifique, c'est la pure description quantitative, abstraite et complète des faits[3].

1. Expression de L. Rougier, *La matérialisation de l'énergie*, p. 15.

2. Erk. 14 n. V. ci-dessus, p. 186 à 189.

3. Comme illustration de cet idéal Mach cite (et Auguste Comte l'avait déjà fait) le système des équations de Fourier, « qui embrasse tous les faits possibles de conduction calorifique. » Faciles à mémoriser, d'une structure transparente, d'un maniement simple, ces équations représentent la perfection de l'ordonnance économique et le but final de la recherche dans le chapitre de la physique auquel elles appartiennent. (Wärmel. 462. Anal. 300, 301).

On pourrait se demander si Mach n'a pas dérogé à cette manière de voir et s'il n'a pas assigné un but différent à la recherche quand il a donné (dans *La Connaissance et l'Erreur* et là seulement) cette définition : « Les *lois naturelles* sont des *restrictions* que, sous la conduite de l'expérience, nous prescrivons à *notre attente* des phénomènes. » Il a précisé ensuite : « Au lieu du mot *description*, je proposerais l'expression *restriction de l'attente*, pour indiquer la signification biologique des lois de la nature. » Car « les lois sont un produit du besoin *psychologique* que nous avons de retrouver notre chemin dans la nature ». Les progrès de la science amènent en fait une *limitation* croissante des diverses *possibilités* que nous nous représentons quant à la marche des phénomènes. L'idéal est la *détermination univoque* par laquelle notre attente des phénomènes est entièrement définie qualitativement et quantitativement [1].

J'ai déjà relevé (p. 306) la double conception de la loi scientifique que l'on trouve chez Mach. Ici il la définit par son usage, il la présente sous son aspect biologique, relatif, subjectif. Précédemment il définissait la loi en elle-même : une description abstraite de faits. Mais le point de vue subjectif vers lequel Mach incline à la fin de sa carrière n'est pas inconciliable avec le point de vue objectif. Un critique, M. Planck, voulait enfermer Mach dans cette alternative : L'image de l'univers physique qu'offre la science est-elle uniquement une création commode (zweckmaessig), mais au fond arbitraire de notre esprit, ou bien est-elle le reflet de processus naturels réels et entièrement indépendants de nous ? Mach répond avec son bon sens pragmatiste : « Il m'est impossible de voir ici une opposition irréductible. L'image doit être *commode* pour nous conduire ; autrement que pourrions-nous en faire ? » Nécessairement

1. Conn. 368-379.

dépendante des chercheurs qui l'ont créée, et par conséquent arbitraire en un certain sens, conservée ensuite par la société d'une façon indépendante de l'individualité de chacun, cette image fournit une expression des faits qui va s'épurant progressivement [1].

A la limite elle sera à la fois détermination univoque de notre attente et description complète des faits.

1. « Scientia » 1910, p 230.

CHAPITRE XIII

Le problème de la réalité
Critique du phénoménisme

> ... Comme *doctrine*, la philosophie ne paraît pas du tout nécessaire, ou paraît plutôt être mal appliquée, puisque après toutes les tentatives faites jusqu'ici, on n'a gagné que peu de terrain, ou même pas du tout, mais comme *critique* pour prévenir les faux pas du jugement (lapsus judicii)... la philosophie (bien que son utilité ne soit que négative), s'offre à nous avec toute sa perspicacité et son habileté d'examen. Kant, *Crit. rais. pure*, p. 174.

En appréciant dans les deux chapitres qui précèdent les contributions de Mach à la psychologie et à la philosophie des sciences, j'ai réservé l'examen de ses vues les plus générales et des questions de philosophie pure que ses écrits soulèvent. Sa conception du monde et de la connaissance — théorie « des éléments », monisme sensationiste et pragmatisme biologique — a séduit beaucoup de lecteurs par sa clarté et sa simplicité relatives, mais s'est attiré aussi nombre d'adversaires. Une controverse s'est poursuivie ainsi, depuis l'année 1900 environ, autour de la « philosophie de Mach [1] ». Celui qui en était l'objet a eu beau protes-

1. On trouvera un aperçu sommaire de cette discussion dans l'ouvrage de H. Henning, *Ernst Mach*, 1915. L'auteur prend la défense de Mach contre tous ses critiques. Au contraire Reinhold Schultz (*Mach's Erkenntnistheorie*. Berlin 1907) est hostile à presque toutes les idées de Mach.

ter : « Je ne suis pas un philosophe... il n'y a pas de philosophie de Mach... je ne construis aucun système... », on a traité comme un simple métaphysicien cet ennemi déclaré de la métaphysique.

L'aventure n'est pas très rare. Pourtant a-t-on le droit de ne tenir aucun compte de ces protestations ? Elles signifient, me semble-t-il, que sa conception du monde, simple « orientation épistémologique » générale, gerbe d'idées qui ne sont pas étroitement liées, ne veut pas être abordée comme un système métaphysique achevé et rigide, ne doit pas être discutée gravement avec le pesant appareil d'une dissertation d'école.

En outre les quelques aperçus par lesquels je proposerais, pour ma part, de compléter la pensée de Mach, ou que je voudrais lui opposer, sont loin de former eux-mêmes un système complet, inébranlable.

C'est pour tous ces motifs que j'ai préféré présenter cette discussion finale, sous la forme un peu détournée, mais plus libre et plus vivante, d'un *dialogue*, d'un entretien familier entre trois personnages, que le lecteur se représentera, à son gré, déambulant sous les arbres d'un beau jardin.

De ces trois personnages, Machistès n'est pas Mach lui-même, car on ne doit pas faire figurer dans une scène fictive un homme réel, qui a vécu et parlé, dont on a les écrits authentiques et dont la place est dans l'histoire. Mais Machistès est le porte-parole de Mach ou, si l'on veut, un disciple intime et fidèle, un familier de longue date, qui répond comme ferait le maître à sa place et s'exprime presque toujours dans ses propres termes. (V. les notes à la fin du chapitre.)

Philalèthe peut être caractérisé en peu de mots : un esprit indépendant qui cherche avec sérieux la vérité.

Hilarion anime la discussion, car c'est un sophiste, perspicace à saisir le pour et le contre, tantôt simpliste, tantôt subtil, inclinant souvent au scepticisme et

toujours à la critique. A lui s'appliquerait ce mot de M. Barrès : « Il y a dans ma conscience un moqueur, qui surveille mes expériences les plus sincères et qui rit quand je patauge. » (*Un homme libre*, Préf. p. IV.)

***

PHILALÈTHE. — Je suis heureux de vous rencontrer, cher Machistès. Nous causions philosophie, Hilarion et moi, et nous abordions de grandes questions : Qu'est-ce qui existe réellement ? Y a-t-il une seule ou plusieurs espèces de réalités ? Je sais déjà par vos écrits quelle est votre conception, mais je souhaiterais fort vous entendre vous-même.

MACHISTÈS. — Interrogez-moi et je répondrai de mon mieux à vos questions. Mais vous savez que je ne suis pas un philosophe ; j'ai cherché seulement un point de vue général sur la connaissance qui permette de rapprocher la psychologie des sciences physiques et naturelles et de comprendre le monde et la science.

PHILALÈTHE. — Vous pensez, n'est-il pas vrai, que la réalité n'est formée que des éléments donnés par les sens : couleurs, formes spatiales, durées, sons, pressions, chaleurs. Ce que nous appelons les choses matérielles sont des faisceaux ou des complexes de qualités sensibles. La connaissance est la reproduction mentale des faits physiques ; et la vie de la conscience tout entière est composée en dernière analyse des mêmes éléments que les corps : couleurs, formes, etc. En un mot les phénomènes sont les seuls éléments du monde.

MACHISTÈS. — Tel est en effet mon point de vue, voisin de celui de Berkeley et de Hume. J'ajoute cependant que les progrès des sciences biologiques et la doctrine de l'évolution m'ont influencé et m'ont conduit à envisager la vie psychique tout entière, y compris le

travail scientifique, comme un aspect de la vie organique. A mon avis l'idéal de la science en général est de saisir avec toute l'économie de pensée possible, et sur la base de recherches exactes, la dépendance mutuelle des expériences externes et internes de l'homme.

HILARION. — Voilà de fort belles thèses à discuter, Philalèthe ; mais par où les entamerez-vous ? Je suis curieux de voir si vous commencerez par la réalité ou par la connaissance, par l'expérience interne ou par l'externe.

MACHISTÈS. — Le mieux n'est-il pas de partir de l'image du monde que l'homme trouve toute faite en lui-même comme un don de la nature et de la civilisation, à l'éveil de sa conscience complète ?

PHILALÈTHE. — C'est cela. En quoi consiste cette image ?

MACHISTÈS. — Je *me* trouve, percevant, sentant, agissant, à côté de corps, inanimés ou vivants, plantes, animaux et hommes, dans l'espace. Mon corps, mobile aussi dans l'espace, m'apparaît sous une perspective spéciale, et je le distingue des autres corps par les particularités de sa manière d'être : son contact détermine des sensations propres ; j'ai des désirs, des volitions qui sont suivis régulièrement de mouvements de ce corps que j'appelle mien. Par une analogie irrésistible je dois penser que les autres hommes font des observations toutes semblables aux miennes. Votre manière d'agir me contraint par exemple à admettre que pour vous, mon corps et le banc que voici sont donnés aussi immédiatement qu'à moi votre corps et ce même banc; qu'au contraire mes souvenirs, mes désirs ne peuvent vous être connus que par induction tout comme les vôtres pour moi. Le donné commun à tous, nous l'appelons le Physique, ce qui n'est donné immédiatement qu'à un seul et qui pour les autres n'est connu que par analogie, nous l'appelons le

Psychique. Ce qui n'est donné qu'à un seul, je puis aussi l'appeler le Moi.

PHILALÈTHE. — Laissons de côté pour le moment le moi, et examinons cette hypothèse d'un monde physique commun à tous. Comment est-il donné, ce monde?

MACHISTÈS. — L'expérience montre qu'il n'est pas donné aussi immédiatement qu'il semble tout d'abord. Pour voir un corps, il faut la présence d'un autre corps, lumineux par lui-même; pour entendre un corps il faut que ce corps soit ébranlé et que ces ébranlements atteignent notre oreille. L'œil et l'oreille qui perçoivent doivent en outre être sains et propres à accomplir leurs fonctions. Ainsi chaque élément sensible, constitutif du milieu environnant (par exemple le vert de cette feuille), dépend d'autres éléments du même milieu (par exemple la lumière solaire qui renferme du vert); mais dépend aussi des éléments de mon corps : l'ouverture de mes yeux, la sensibilité de ma rétine, etc. La dépendance réciproque des éléments du milieu extérieur à mon corps est physique ; celle, de nature toute différente, qui franchit la limite de mon corps est physiologique. La connaissance de ces deux espèces de dépendance est un résultat que nulle spéculation philosophique ne peut abolir ou n'a le droit d'omettre.

HILARION. — Assurément, mais la spéculation fera remarquer que l'une de ces dépendances, celle de toutes mes perceptions à l'égard de mon corps, domine complètement l'autre, celle des éléments extérieurs entre eux. Si mes organes ne fonctionnent pas, si je deviens aveugle ou sourd, le monde entier, y compris les autres hommes s'évanouit. Si j'accepte vos prémisses, je dois donc dire que j'existe seul et que le monde est ma perception. Le solipsisme est le seul point de vue conséquent.

MACHISTÈS. — Pour moi, je vois plutôt dans le solipsisme un fruit monstrueux de la superstition des sys-

tèmes. Même l'homme naïf connaît la cécité et la surdité, et il sait que l'apparence des choses est influencée par ses sens, mais il ne lui vient pas à l'esprit de faire du monde entier une création de ses sens, et de tenir tout pour subjectif. Pour avoir reconnu que mon moi est le moyen de ma connaissance, je n'ai pas perdu le droit d'employer le raisonnement analogique qui établit les autres moi ; c'est aussi bien l'analogie qui m'a servi à établir mon propre moi. La notion du moi étranger et celle du moi propre apparaissent en même temps et sont inséparables. L'homme qui, par extraordinaire, grandirait sans avoir de compagnon vivant, aurait peine à distinguer des sensations ses représentations, n'arriverait pas à la notion du moi et n'opposerait pas le moi au monde. Tout ce qui arrive ne serait pour lui qu'une seule chose. A mon point de vue, il n'y a pas de différence essentielle entre mes sensations et celles d'un autre. Ce sont les mêmes éléments qui se lient en différents points d'association, les Moi. Mais ces points d'assemblage ne sont nullement permanents ; ils naissent, ils se modifient continuellement. Quand je mourrai, quand mon moi cessera de percevoir, les éléments ne se présenteront plus dans la même combinaison habituelle ; mais ils continueront dans d'autres combinaisons.

PHILALÈTHE. — Le moi conscient étant évidemment en transformation continuelle, on peut bien voir en lui un agrégat et croire que les éléments qui le composent lui sont antérieurs et ont plus de réalité que lui. Mais les choses matérielles, et surtout les corps solides peu altérables, sont ce qui donne au commun des hommes la plus forte, la plus inéluctable impression de réalité. Au contraire, ce que vous appelez éléments, les propriétés sensibles des corps, passent pour leurs manifestations apparentes, qui participent de l'illusion et de l'hallucination. Il faudrait donc nous dire plus

exactement ce que sont ces éléments, prétendus seuls réels, et comment ils existent.

Machistès. — Que je leur donne le nom de rouge, de vert, de chaud ou de froid, qu'ils dépendent d'éléments extérieurs à mon corps et soient dits physiques, ou intérieurs à mon corps et soient dits psychiques, ils demeurent toujours *les mêmes* et sont dans les deux cas *ce qui est immédiatement donné*. Une fois cela établi, la question de l'apparence et de la réalité n'a plus de sens. Dans la demi-obscurité, je prends un tronc d'arbre pour un homme; ou bien après avoir tourné rapidement sur moi-même, je vois en mouvement des corps immobiles. Toutes ces illusions sont dues à ce que nous ignorons les circonstances dans lesquelles telle perception se produit, ou que nous n'y faisons pas attention, ou que ces circonstances sont inhabituelles. Quant aux hallucinations, l'homme même isolé a la possibilité de discerner ce cas exceptionnel, en contrôlant ses sens les uns par les autres. Les déclarations concordantes des autres hommes facilitent, au reste, ce travail de critique. L'insuffisance de la pensée vulgaire a engendré l'antagonisme entre la chose et sa manifestation, et la philosophie a de la peine à se débarrasser de cette conception. La chose, faisceau d'impressions coordonnées, est une formation intellectuelle, c'est un complexe total d'éléments; le phénomène, au contraire, est une partie de ce complexe; c'est une formation sensible, qui peut correspondre à cette formation intellectuelle, réaliser plus ou moins les attentes auxquelles elle donne lieu, mais parfois aussi les décevoir complètement. Voir dans la *chose* plus qu'un ensemble cohérent d'expériences sensibles arrêté par la pensée est absolument oiseux et erroné.

Philalèthe. — A vrai dire, je suis de votre opinion. Avec un peu de réflexion, on reconnaît que pour qui veut rendre compte seulement de l'*existence des corps*,

le phénoménisme est une position très forte, inexpugnable. Immédiatement le monde physique ne consiste qu'en étendues colorées, résistantes, mobiles, chaudes ou froides. Nous pensons volontiers à un lien suprasensible, à un support des propriétés, mais en théorie il n'est nul besoin de supposer ni une matière substantielle, ni des choses en soi derrière les phénomènes. Seulement il faut savoir ce qu'ils sont, ces phénomènes, et quelle est la nature de leurs relations...

Machistès. — Oui, dès lors, tout ce qui peut nous intéresser, c'est la dépendance fonctionnelle (au sens mathématique du mot fonction) des éléments entre eux. On peut toujours appeler cette dépendance des éléments une chose, mais ce n'est pas une chose inconnaissable. Toute observation nouvelle, toute proposition scientifique nous fait avancer dans la connaissance de cette chose.

Philalèthe. — Et ces dépendances sont-elles fixes et invariables?

Machistès. — Oui, ou du moins elles sont ce que nous connaissons de plus permanent : les lois de la physique. La constance du lien des phénomènes entre eux, telle est la notion de substance expliquée au point de vue critique, qui remplace scientifiquement la notion vulgaire de substance.

Hilarion. — Vous nous laissez donc, avec la constance des liaisons, un point fixe où nous appuyer. Et c'est bien heureux, car je crains un peu que les éléments, eux, ne soient insaisissables et ne glissent toujours entre nos doigts. Les éléments sont la donnée immédiate, dites-vous? Voici un corps, un bâton. Je crois qu'il n'est pas facile de dire d'une manière précise ce qui est donné immédiatement là. Je voudrais bien vous entendre extraire de cet objet ses éléments et les désigner.

Machistès. — Ce bâton, je puis le voir sans le

toucher, ou inversement le toucher sans le voir. Je puis trouver un autre corps de même couleur mais de forme différente, ou de même forme et de couleur différente. Nous extrayons ainsi des choses le visible, le palpable, l'audible, etc. Par le même procédé le visible se dissocie en couleur et en forme, et dans le palpable nous distinguons le rude et le poli d'une part, le chaud et le froid. La science continue cette analyse.

Hilarion. — J'entends. Ce bâton est sans doute analysable de mille manières, mais si quelque chose est ici donnée immédiatement, ce ne sont pas ces diverses qualités partielles, c'est un tout cohérent, un bâton précisément.

Machistès. — En effet, l'homme naïf saisit les corps comme des touts, et il ne distingue pas les apports respectifs de chacun des sens, parce qu'ils sont toujours donnés ensemble. Il séparera encore moins la forme et la couleur ou les couleurs mixtes en leurs composantes. Tout cela est déjà le résultat d'expériences et de réflexions scientifiques simples. C'est même une science toute récente qui a opéré la décomposition des bruits en sensations de sons simples, des sensations tactiles en leurs parties, etc. Il n'y a pas lieu d'admettre que la limite de l'analyse soit atteinte. Mais quand on l'a poursuivie de la sorte aussi loin que possible, on aboutit à des parties provisoirement indissociables ; ces dernières parties sont les éléments.

Hilarion. — Cette opération qui dissocie, n'est-ce pas une abstraction ?

Machistès. — C'est cela même, et abstraire signifie saisir les éléments communs dans des choses disparates. Toutes les parties que nous pouvons saisir ainsi dans nos sensations, comme la forme, le rythme, la durée, l'intensité, la hauteur du son, etc., possèdent vraisemblablement une existence, une base réelle dans l'excitation sensorielle.

Hilarion. — Mais alors, ces éléments-là, loin d'être la donnée première, sont au contraire le résultat dernier de l'abstraction scientifique. Que vous en semble?

Philalèthe. — Voilà une difficulté dont Machistès peut se tirer, je pense, en appliquant aux éléments l'axiome : ce qui est dernier dans l'ordre de la connaissance est premier dans celui de l'existence et inversement.

Machistès. — En effet, ce que le philosophe prend pour un point de départ possible, l'élément rigoureusement simple, n'apparaît au savant que comme le but éloigné vers lequel tendent ses efforts ; mais cette divergence n'empêche pas la philosophie et la science de se rendre de mutuels services.

Hilarion. — Je constate néanmoins que vos deux définitions de l'élément sont incompatibles. Car si l'élément est donnée immédiate, il est complexe et dissociable ; s'il est le dernier résultat provisoirement indissociable de l'analyse scientifique, il n'est pas donné immédiatement. Ce n'est pas tout : Vous citez parmi les éléments, à côté des couleurs, des sons et des pressions, les espaces et les durées. Habituellement on dit au contraire que les sensations *prennent place dans* l'espace et dans le temps envisagés comme des milieux homogènes indéfinis.

Machistès. — C'est qu'on accorde ordinairement une plus grande confiance aux expériences sur les relations de temps et d'espace, on leur attribue un caractère plus objectif, plus réel qu'aux expériences sur la couleur, le son, la chaleur. Toutefois la physiologie des sens met en lumière que l'espace et le temps peuvent être appelés sensations au même titre que la couleur, le son, etc. Seulement nous voyons plus clair et nous sommes beaucoup plus exercés dans la connaissance des premiers que dans celle des secondes. Il y a

une sensation immédiate de lieu, qui accompagne toujours les sensations de couleurs et les sensations tactiles ; tandis que d'autres sensations, comme les auditives et les olfactives se produisent sans accompagnement d'une sensation spatiale bien nette. Quant à la sensation de temps elle accompagne *toutes* les autres et ne peut être complètement détachée d'aucune. Nous apprenons ainsi spontanément à relier par association nos sensations visuelles et tactiles en un système qui a trois dimensions et qui forme un registre permanent, l'espace, où viennent se placer ces impressions. De même les sensations de temps forment une série bien ordonnée, irréversible, sur laquelle les autres sensations se distribuent comme sur une ligne fixe.

Hilarion. — Mais enfin, l'espace et le temps sont-ils des cadres, des registres, des séries, ou bien des données simples, des éléments individuels ?

Machistes. — L'un et l'autre, puisque nous ressentons immédiatement le temps ou la situation dans le temps, comme l'espace ou la situation dans l'espace. L'impression simple de temps, par exemple, se limite à ce qu'on appelle le moment présent. C'est une tranche, d'une durée notable, allant jusqu'à quelques secondes, avec des limites estompées, difficiles à préciser. Chaque *moment présent* correspond à la durée d'une oscillation de l'attention.

Hilarion. — Mais rien n'est moins saisissable que ce moment présent. Il échappe toujours. Il y a un glissement continu de la sensation de temps ; par un bord elle entame l'avenir, par l'autre elle s'évanouit dans le passé. Puisque la durée du présent, d'ailleurs très variable selon les circonstances et l'état de l'organisme atteint quelques secondes, elle comprend donc un nombre immense d'instants, si l'on appelle *instant* le véritable élément temporel indivisible, c'est-à-dire la plus courte durée perceptible. Mais cette durée minima

elle-même, mesurée avec un appareil chronométrique, est, comme vous savez, variable aussi selon les circonstances. Il en est de même de la sensation *simple* d'espace qui doit être la plus petite étendue perceptible. De même la distinction des nuances individuelles de couleur, de qualités tactiles et des autres est une tâche infinie qui dépasse toute imagination. Dans ce petit morceau de bois que je regarde et que je palpe la durée d'un coup d'œil, combien de myriades d'éléments de temps, d'espace, de couleurs, de pression ne sont-ils pas contenus ? Que dire donc, non pas de l'univers physique, mais simplement du milieu environnant qui nous est accessible et dont nous nous occupons pendant notre vie ? Ce n'est pas une infinité d'éléments qu'il comprend, mais une infinité du N[e] ordre, comme disent les mathématiciens. Et chacun de ces éléments est d'ailleurs insaisissable. Si c'est cela qu'on appelle la réalité, elle est un chaos effroyable, inextricable, dont nous ne pouvons rien connaître.

Machistes. — Je comprends votre anxiété. Le monde étant découpé et divisé par des abstractions, ses fragments paraissent si peu consistants, qu'on arrive à douter si en recollant ces fragments, en intégrant ces riens, on retrouvera le monde. Mais le physicien doit avoir la liberté d'analyser le monde matériel pour la recherche scientifique et de le diviser en parties, sans oublier pour cela les liens de ces parties avec l'ensemble. Le moindre processus physique appartient toujours à un complexe et finalement au monde, il n'existe rien d'isolé. L'observation naïve montre immédiatement que les éléments sensibles d'un point de l'espace et du temps sont étroitement liés entre eux. C'est cette liaison que nous nommons un corps. Si loin que dans nos observations nous poussions la division d'une région de l'espace et du temps en petites parties, nous y retrouvons la dépendance des éléments sensibles : les

parties des corps sont à leur tour des corps. Quant à la nature même des éléments, ce point n'a pas besoin d'être décidé. Il ne faut pas chercher à expliquer la sensation. Elle est quelque chose de si simple et de si fondamental qu'on ne peut réussir à la ramener à quelque chose de plus simple encore. C'est méconnaître la manière de penser et de travailler de l'homme de science, sa prudente méthode d'approximation, que de vouloir tirer de ses aperçus généraux un système philosophique arrêté. Ne possédant pas comme le philosophe des principes inébranlables, le savant s'habitue à considérer comme provisoires ses conceptions même les plus assurées et les mieux fondées, et il est toujours prêt à les modifier à la suite de nouvelles expériences. Ni ce qu'il pose comme permanent ne l'est absolument, ni les changements qu'il étudie ne se réduisent pourtant au devenir indéfini, à l'écoulement sans limite d'Héraclite. Il est sans importance pour le savant que ses représentations s'accordent ou non avec tel ou tel système philosophique ; l'essentiel est qu'il puisse les prendre avec avantage comme point de départ de ses recherches. C'est ainsi qu'il faut comprendre la réduction aux éléments. Elle est pour la recherche scientifique une règle négative, qui conduit à écarter le pseudo-problème de la chose insondable et celui du moi également impénétrable. Elle indique au chercheur un idéal, dont la réalisation approchée et progressive reste réservée à l'avenir, car la découverte des relations directes des éléments entre eux est une tâche extrêmement complexe.

Philalèthe. — Vous renoncez donc, Machistès, à défendre un système philosophique bien arrêté. Pourtant ne battez pas en retraite plus loin qu'il n'est nécessaire. Pour moi, n'étant pas logicien intempérant comme Hilarion, je trouve du vrai dans votre théorie des éléments. A mon sens, elle ne suffit pas pas à expliquer

la réalité psychique, mais elle peut rendre compte philosophiquement de l'existence du monde matériel. Elle le représente justement comme un ensemble de relations entre des caractères sensibles, ou comme un ensemble de phénomènes qui sont fonctions les uns des autres. D'ailleurs les *relations* ne se distinguent peut-être pas des phénomènes, car les plus importantes de ces relations, le temps et l'espace, apparaissent aussi comme des phénomènes. Seule peut-être la relation de ressemblance est inhérente aux phénomènes sans être elle-même un phénomène. Hilarion n'eut pas tort de nous montrer que les éléments physiques sont généralement impossibles à isoler, qu'ils échappent à qui croit les saisir et que la donnée immédiate est indéterminable rigoureusement. Resterait à savoir pourtant si cette fugacité et cette indéterminabilité appartiennent aux phénomènes et ne sont pas plutôt le fait de notre manière de les percevoir. En tout cas il y a toujours quelque chose de donné immédiatement dans l'observation sensible, quelque chose d'expériencé par les sens, c'est cela même qui est le monde physique, et non pas nos concepts et nos théories, la matière, l'énergie, les substances. Voilà ce que vous nous rappelez ; c'est un avertissement utile et salutaire.

Machistès. — J'ajoute qu'en décomposant le monde matériel en éléments qui, sous le nom de sensations, sont aussi ceux du monde psychique, ma théorie a encore l'ambition de délivrer la pensée du fâcheux dualisme de l'esprit et des corps, et d'installer à sa place une conception unitaire et moniste de l'univers.

Philalèthe. — Je crois qu'ici je devrai me séparer de vous ; ou du moins il faut préciser. Si vous affirmez seulement que le physique et le psychique contiennent des éléments communs, les qualités sensibles, et par ce fait ne sont pas radicalement hétérogènes, je suis d'accord. Mais si vous prétendez que le psychique ne

contient rien de plus que le physique, c'est-à-dire que les sensations forment la base de *toute* la vie psychique, je ne l'accorde pas, et je vous demande si en analysant le processus de conscience, vous n'y trouvez pas, outre la vie de sensation, une vie affective et une vie intellectuelle.

Machistès. — Je trouve que certaines sensations telles que le chaud et le froid, la lumière, l'obscurité, les couleurs vives, les odeurs fortes ne nous laissent pas indifférents en général; elles nous sont agréables ou désagréables, c'est-à-dire que notre corps réagit vis-à-vis de ces sensations, par des mouvements de rapprochement ou d'éloignement. En outre ces sensations nous laissent des souvenirs. Un certain ensemble de souvenirs vient se mêler à chaque sensation nouvelle, formant avec elle un complexe plus richement fourni, la perception, dont nous ne séparons qu'avec peine la pure sensation actuelle.

Philalèthe. — Précisément les deux circonstances que vous venez de signaler : la réaction vis-à-vis du plaisir et de la douleur et le souvenir de ce qui a été ressenti antérieurement, n'appartiennent pas au monde matériel, qui ne possède, lui, que la simple existence phénoménale. Elles sont le privilège de la vie et de la conscience. Elles nous obligent à renoncer au monisme par lequel vous vouliez embrasser toute la réalité. Vous avez reconnu en effet, à côté de la qualité sensible (qui est, je l'accorde, indiscernable de la propriété physique), qu'il y a l'agréable ou le désagréable de cette sensation, élément affectif ou appétitif, qui me semble complètement étranger au monde physique inorganique. Je jouis d'une phrase mélodique que j'entends jouer par un flûtiste; je souffre de courbatures ou de migraine... Il est impossible de réduire ces états uniquement à des sons, à des pressions localisées à mon front, etc. Ils contiennent aussi du plaisir et de la

douleur, des éléments d'affectivité pure, attachés à ces sensations. Voici un chat étendu paresseusement au soleil ; d'un bond soudain il se dresse, il se hérisse et jure, parce qu'un chien s'approche en aboyant. Si nous analysons ces phénomènes, nous n'y trouvons pas seulement une combinaison d'espaces et de durées avec les éléments de chaleur, puis de bruit, de mouvements de contraction, etc., mais l'analogie nous oblige d'admettre aussi, chez le chat, une douce volupté d'abord, puis une frayeur pénible.

Hilarion. — Et quand nous entendons un chien hurler à la lune, nous devons présumer qu'il a l'âme pleine de mélancolie?

Philalèthe. — Pourquoi pas? Puisque j'admettais il y a un moment que mes perceptions ne diffèrent pas de celles d'un autre être percevant, je dois faire de même pour mes sentiments, émotions, inclinations, etc. Car je me représente la réalité et la nature des sentiments comme distinctes de la réalité et de la nature de vos éléments-sensations. Je crois nécessaire de statuer une seconde espèce d'éléments constitutifs du monde, qu'on peut appeler du nom générique d'*appétitions* ou de *tendances affectives*. Il est même des penseurs qui ont vu en elles l'unique réalité. Un poète n'a-t-il pas dit en une strophe harmonieuse :

« Au milieu de l'éternelle illusion qui nous enveloppe, une seule chose est certaine, c'est la souffrance... Elle est l'unique témoignage d'une réalité qui nous échappe. Nous savons que nous souffrons et nous ne savons pas autre chose. Là est la base sur laquelle l'homme a tout édifié. Oui, c'est sur le granit brûlant de la douleur que l'homme a établi solidement l'amour et le courage, l'héroïsme et la pitié, et le chœur des lois augustes et le cortège des vertus terribles ou charmantes... »

Pour moi, je me contente de dire que la tendance

affective, caractéristique de la vie, a une existence distincte et aussi réelle que celle de la pure sensation.

MACHISTÈS. — Il est vrai qu'à première vue, les sentiments, les affections, les dispositions : amour, haine, colère, crainte, abattement, tristesse, gaieté, etc., paraissent présenter de nouveaux éléments. Mais, si nous approfondissons l'étude de ces états, nous y trouvons des sensations moins analysées, diffuses et mal localisées dans notre corps.

PHILALÈTHE. — Je vous accorde que les états organiques, par exemple la faim, l'oppression, les divers états de malaise général ou de bien-être, contiennent des éléments purement tactiles, pressions, détente, tractions, picotements, donc de véritables sensations plus ou moins bien localisées; mais j'y trouve en outre un trait tout nouveau, l'appétition, la recherche d'un but, la tendance à la cessation ou au changement de l'état douloureux, la tendance à la continuation de l'état agréable.

MACHISTÈS. — Il est vrai que ces sensations diffuses caractérisent une certaine tendance de notre corps à réagir dans une direction déterminée, tendance qui nous est connue par expérience. Mais les mouvements de réaction, à leur tour, ne sont, pour l'introspection, que des combinaisons de sensations.

PHILALÈTHE. — Les mouvements exécutés nous sont donnés comme des sensations, mais l'impulsion motrice, qui me semble donnée comme telle à la conscience, n'est pas de la nature des phénomènes sensibles.

MACHISTÈS. — Etes-vous sûr que notre sensation de faim soit essentiellement différente de la tendance de l'acide sulfurique vers le zinc, et que notre volonté soit si différente de la pression de la pierre sur son support?

PHILALÈTHE. — C'est toute la question du *proprium vitale* que vous posez ainsi, si je ne me trompe. Y a-t-il dans les faits biologiques quelque chose qui les distingue en dernière analyse des faits inorganiques? La force ou tendance qui meut les organismes diffère-t-elle des forces physico-chimiques de cohésion, d'attraction, etc.? Les plus savants biologistes répondent en sens contraires ou hésitent, tant la question est difficile. Si, pour ma part, je réponds oui, ce n'est pas en savant, c'est en homme qui cherche simplement à expliciter sa propre vision de la réalité.

Voyez ici cette chèvre. Rien de plus aisé que d'apercevoir de profondes différences entre cet animal et le rocher sur lequel elle grimpe. Il est déjà moins facile de distinguer de ce rocher inanimé la mousse vivante qui le couvre. Enfin si nous comparons deux processus, l'un chimique, l'autre biologique, qui se ressemblent tellement qu'ils ont reçu le même nom, la rouille du fer, et la rouille du blé, notre embarras sera extrême. La lente croissance de l'oxydation sur un métal et le pullulement d'une colonie de champignons sur son milieu nutritif sont des faits tout semblables. Il y a cependant une première différence qui concerne les conditions d'apparition. L'oxydation du fer a commencé sans aucun *germe* de rouille; il a suffi du contact de l'air humide sur le fer dans certaines conditions de température, et la rouille s'est formée spontanément à partir de ce qui n'était pas elle. Au contraire la colonie de protozaires est sortie d'un germe, issu d'un organisme semblable à eux, dont ils reproduisent les caractères par hérédité. Ainsi les processus physiques peuvent être produits et détruits; les processus organiques peuvent être détruits, mais ils ne sont jamais, du moins selon notre expérience, produits à nouveau, à partir de processus non organiques. Ils sont seulement continués ou reproduits.

On dit parfois que le caractère distinctif du fait organique, c'est l'adaptation, la faculté de se modifier pour

se mettre en équilibre avec le milieu. Ce n'est pas exact sous cette forme générale. Car la propagation de la rouille sur le fer est aussi modifiée, accélérée ou ralentie, selon les variations de la température. Un cours d'eau, processus purement mécanique, si un obstacle vient à le barrer, élève son niveau jusqu'à ce qu'il dépasse ou contourne l'obstacle, puis se creuse un nouveau lit. Il y a là un véritable ajustement à des circonstances nouvelles qui aboutit à maintenir le processus de l'écoulement de l'eau. La capacité de s'adapter est donc commune aux systèmes physico-chimiques et aux organismes, mais chez les premiers elle est passive, c'est-à-dire indifférente à la continuation ou à la cessation du processus, ou à sa transformation en un processus tout différent. Chez les organismes l'adaptation est dominée et dirigée par des *forces conservatrices*. Ainsi le cours d'eau peut être transformé par un obstacle en un objet d'autre espèce : un lac stagnant, ou bien desséché par un climat torride ; et si le milieu aérien où se trouve notre morceau de fer est remplacé par du gaz chlorhydrique, la rouille se transforme en une autre espèce chimique, le chlorure de fer. Au contraire si l'on change les conditions de température ou d'alimentation d'une culture vivante, elle s'adaptera ou mourra, selon la brusquerie du changement, mais dans aucun cas elle ne changera d'espèce. Les variations qu'elle subira resteront dans les limites étroites du type morphologique de son espèce. Ce qu'on appelle *hérédité* c'est la force qui conserve et transmet aux descendants les caractères spécifiques.

Hilarion. — Je ne sais pas si je vois bien clair dans vos discours. Vous cherchiez le critère de la vie et vous avez indiqué d'abord les états affectifs, les sentiments de plaisir et de douleur. Maintenant vous parlez d'adaptation dirigée et d'hérédité.

Philalèthe. — Le rapport de ces idées est pourtant

aisé à saisir. La tendance affective et l'hérédité sont deux manifestations de la même force vitale d'*invariance*, la première appliquée à l'organisme individuel, la seconde aux générations successives. En effet l'action des tendances affectives, c'est-à-dire des besoins organiques, consiste toujours à maintenir l'être vivant dans les conditions du milieu favorables à son équilibre physiologique. La recherche de la nourriture, par exemple, la faim, tend à une invariance ; l'activité même de l'organisme altère son équilibre physiologique, et il finirait par être détruit s'il n'éliminait régulièrement ses déchets et n'absorbait des aliments dont l'énergie chimique rétablit son équilibre.

Nous voici ramenés à la question posée d'abord. La tendance d'un animal affamé vers sa nourriture peut, moins encore que l'affinité de l'acide sulfurique pour le zinc, être isolée du processus complexe dont elle fait partie. La faim n'apparaît que liée à un organisme total, dont elle tend à maintenir l'existence, elle est donc une véritable tendance. L'affinité chimique de combinaison de deux corps, même si elle se manifeste par un mouvement visible d'attraction réciproque, n'est qu'un simple phénomène, qui ne conserve rien, qui ne tend à rien, sinon à l'égalisation de deux potentiels énergétiques.

Hilarion. — Vous avez, de cette manière, montré que la faim diffère de l'affinité chimique par ses liaisons avec d'autres faits donnés, par sa finalité, mais non pas en elle-même, en tant que donnée simple. D'ailleurs il reste à éclaircir ce point-ci : La faim peut être une douleur, sa satisfaction un plaisir ; néanmoins ce qui meut les vivants, en dépit du poète, ce n'est pas toujours la douleur, ni le plaisir. La croissance des plantes, les réflexes, et même les actes instinctifs des animaux s'effectuent inconsciemment, par une poussée automatique, sans joie ni souffrance. Il en est de même

chez vous et moi pour les mille actions quotidiennes apprises, que l'habitude a rendues automatiques. On n'a besoin ni d'être attiré par le plaisir, ni retenu et dirigé par la douleur pour s'habiller, déjeuner et aller à ses affaires.

PHILALÈTHE. — L'observation est juste. Mais si j'ai parlé d'abord des états affectifs, c'était pour établir l'existence dans la conscience d'une donnée distincte de la sensation proprement dite : Je remarque que le plaisir et la douleur régissent un grand nombre de mes actes. Celles de mes actions qui se produisent sans leur participation, instinctivement ou semi-automatiquement, je les attribue naturellement à une cause semblable à ces sentiments, ou plutôt à une force constante dont ils ne seraient que les symptômes ordinaires mais non obligatoires. C'est de cette force biologique élémentaire que je fais une catégorie nouvelle du réel donné. Il en est dans ce domaine à peu près comme Machistès le disait des éléments sensoriels. Ce qui est donné à un seul nous l'appelons sentiments affectifs, plaisir et douleur, inclinations, émotions ; ce qui est observable par tous, c'est l'activité des vivants, c'est-à-dire tout ce qui dans leurs mouvements et leurs fonctions les distingue des simples phénomènes physico-chimiques. Mais donné à un seul ou à tous, l'objet est le même ; on peut l'appeler les tendances affectives, au sens le plus large du mot, ou l'appétition vitale ou enfin, *l'intérêt*, à condition de ne pas entendre par ce mot un fait de conscience, mais simplement l'impulsion organique fondamentale.

HILARION. — Nous voilà bien convaincus que les processus biologiques diffèrent des processus physiques en ce qu'ils tendent à un but : la conservation du tout de l'organisme. Mais cela suffit-il ? Nous savons vers quoi ils vont, mais non de quoi ils viennent.

MACHISTÈS. — En effet toute explication qui invoque

une sorte d'*action à distance* de l'avenir est sujette à caution. Et même quand un ensemble de faits est parfaitement compris au point de vue téléologique, le besoin subsiste d'une explication causale.

PHILALÈTHE. — Vous demandez que la question soit reprise par l'autre bout ? et que la vie soit définie par son rapport au passé et non à l'avenir ?

MACHISTÈS. — C'est cela ; et à ce point de vue on peut envisager les organismes comme doués d'une plasticité spéciale pour la répétition des processus et séries de processus qui s'y sont passés d'abord une fois. Les organismes ne sont pas des systèmes matériels rigides, mais essentiellement des formes d'équilibre dynamique de courants de « matière » et d' « énergie ». Les formes par lesquelles ces courants s'écartent de l'état d'équilibre dynamique ayant été une fois produites, se répètent toujours de la même nanière. Pour moi, les êtres vivants sont des automates, mais sur lesquels tout le passé a exercé une influence et qui se modifient encore continuellement au cours du temps. Leur finalité consiste au fond en ce qu'ils ne sont pas comme les faits inorganiques limités à l'immédiat. Dans le monde organique une tranche beaucoup plus large du devenir universel, l'influence d'un entourage beaucoup plus étendu dans le temps et dans l'espace se manifeste.

PHILALÈTHE. — On peut en effet expliquer les tendances affectives et l'hérédité « causalement » par l'hypothèse des *traces*, mais on ne les assimile pas pour cela à des phénomènes physiques. En effet les événements purment inorganiques ne laissent pas de traces, à proprement parler. Un orage, sans doute, laisse des marques d'érosion, un feu laisse des cendres ; mais ce sont des traces extérieures et inertes. Au contraire les organismes auraient la propriété d'accumuler en eux à l'état latent (et d'une manière à nous inconnue) la trace de tous les processus qui s'y sont accomplis. Et ces traces

seraient capables de reproduire par elles-mêmes, sans cause extérieure à l'organisme ou sous la moindre impulsion, les états physiologiques pour la production desquels a été nécessaire, la première fois, l'action d'agents extérieurs. L'animal accumule sa propre expérience qui reste agissante en lui. Placé dans un milieu de température plus élevée que celle à laquelle il est habitué, l'animal fera d'abord tous les mouvements possibles pour s'éloigner, pour revenir à la température précédente, et rétablir ainsi son précédent état physiologique maintenant troublé. Ce n'est qu'après avoir échoué dans ces tentatives qu'il se mettra en un nouvel équilibre avec le nouveau milieu modifié. Mais il restera en lui, pendant un certain temps, la « nostalgie » de l'ancien milieu qui, maintenant encore, lui permettrait de remettre en activité cet ancien état physiologique actuellement réduit à l'état potentiel. Ce n'est qu'après un temps plus long encore que cette nostalgie fera place à une affectivité pour le nouveau milieu, quand le nouvel état physiologique aura laissé de lui une accumulation de traces suffisante pour donner lieu à cette nouvelle tendance affective.

Hilarion. — L'accumulation des états physiologiques passés et leur résurrection n'est pas autre chose que la mémoire, me semble-t-il. Direz-vous donc que la caractéristique de la vie c'est la mémoire?

Philalèthe. — Non pas, car la mémoire est au sens propre, un fait de conscience, et comme telle n'appartient pas à tous les êtres vivants. Chez tout organisme vivant il y a accumulation des traces, et ces traces lui font exécuter des réactions qui sont précisément ce que j'appelle les tendances affectives ou l'appétition vitale, et celles-ci à leur tour sont une condition de la *mémoire* consciente. Mais le fait de conscience nous présente un trait nouveau qui constitue, selon moi, le troisième ordre de réalité.

Reprenons en effet notre analyse du fait psychique. Nous y avons déjà distingué, des impressions sensorielles les réactions affectives. Y trouve-t-on autre chose? Machistès l'a déjà dit: on trouve que les sensations nous laissent des souvenirs qui peuvent revivre et s'associer de diverses manières.

Machistès. — Et j'ajoute que ces fonctions de la reproductivité et de l'association des souvenirs forment la base et la racine de la conscience. Mais je n'entends pas dire par là que la conscience soit une classe de qualités spéciales — psychiques — distinctes des qualités physiques, ni une qualité particulière qui doive s'ajouter aux qualités physiques pour rendre conscient ce qui ne l'est pas. Non, elle consiste seulement dans une liaison spéciale de qualités données. Une sensation isolée n'est ni consciente, ni inconsciente ; elle devient consciente quand elle prend sa place dans les événements du présent.

Philalèthe. — Il vous arrive sans doute, Machistès, de vous laisser aller tout entier à vos pensées, sans plan ni but, tout à fait à l'abri des dérangements extérieurs. Que se passe-t-il alors?

Machistès. — Par une nuit d'insomnie, par exemple? Eh bien j'arrive à tout embrouiller! Des situations tragiques et comiques, ressouvenirs ou inventions, alternent avec des idées scientifiques et des plans de travail.

Philalèthe. — Ce qui défile ainsi et court avec incohérence, ce n'est pas une réalité extérieure, n'est-ce pas ? Ce sont des représentations. Des sensations et des idées qui ont été éprouvées antérieurement, se *représentent* plus ou moins transformées. Dans ce fait familier vous n'ignorez pas que le sens commun voit un motif suffisant pour dédoubler la réalité donnée : le monde perçu et le monde pensé.

Machistès. — Mais c'est l'illusion dualiste contre laquelle je m'efforce de lutter! Les représentations ne

se distinguent des sensations que par leur force moindre, leur fugacité et leur variabilité plus grandes et par la façon dont elles se rattachent les unes aux autres. Elles ne constituent pas une autre espèce d'éléments en regard des sensations.

PHILALÈTHE. — Sans doute si j'assiste à une scène dans la rue, et si je la revis ensuite en imagination ou en rêve, les deux scènes sont faites de la même étoffe, des mêmes matériaux, qui ne diffèrent que par le nombre et l'intensité. La pure et simple copie ou représentation d'une pure et simple sensation est de même nature qu'elle. Mais si au lieu de rêver et de me livrer passivement à l'association mécanique et physiologique des idées, je cherche à me remémorer mon expérience, si je m'efforce de m'en ressouvenir, alors, à la reproduction se joint la conscience de la reproduction, et la reconnaissance présente d'un événement passé en tant que passé. Quand donc il y a remémoration consciente, il y a dualisme. En effet un phénomène qui revient, un peu affaibli ou moins stable, ce n'est encore qu'un phénomène ; mais un phénomène qui se souvient d'un autre, ce n'est plus un phénomène, c'est une *fonction*. L'acte par lequel je *reconnais* que telle image est la représentation, le souvenir d'une sensation éprouvée antérieurement, cet *acte* n'est pas une sensation, une impression sensorielle, c'est une opération. La mémoire proprement dite ne consiste ni dans les souvenirs latents, ni dans leur reviviscence automatique, mais dans l'acte qui saisit le rapport entre le passé et le présent de mon moi, et par lequel je me dis intérieurement : je me souviens, cette idée donnée actuellement a été présente antérieurement, elle se représente.

La mémoire est une des formes du fonctionnement de la conscience. Il en est d'autres. La *comparaison* par exemple ne vous paraît-elle pas une fonction mentale importante ?

MACHISTÈS. — Assurément son rôle est très grand dans la vie mentale, puisque le langage, la formation des concepts et des théories reposent sur la comparaison. Dans le développement de la science la comparaison est le plus puissant ressort.

PHILALÈTHE. — Eh bien, la comparaison entre deux phénomènes, c'est-à-dire cet acte mental qui à la fois les sépare et les rapproche et qui fait apparaître leur ressemblance et leur dissemblance, c'est un fait que nous pouvons observer en nous-mêmes, qui nous est donné comme les phénomènes, mais qui est d'autre nature qu'eux, puisqu'il est une opération, une fonction.

HILARION. — Je me demande si ces fonctions prétendues distinctes des phénomènes sur lesquels elles portent sont autre chose que des abstractions ?

PHILALÈTHE. — Dites plutôt que l'*abstraction* est précisément une de ces fonctions de la conscience. Qu'est-ce qu'abstraire ?

MACHISTÈS. — C'est considérer isolément certaines circonstances d'un phénomène. Mais l'abstraction dérive de la comparaison, car c'est en comparant fréquemment et dans des conditions diverses les propriétés de différents objets, que leurs caractères non communs s'effacent en regard de leurs caractères communs, et que ceux-ci acquièrent, indépendamment de tout objet, de toute liaison, une signification abstraite ou conceptuelle ; ils deviennent des concepts.

PHILALÈTHE. — Le concept n'est-il pour vous qu'un simple agrégat des caractères sensibles communs à différents objets ?

MACHISTÈS. — Je pense qu'un certain nombre d'images sensibles conservées dans la mémoire s'unissent en un concept. Mais je crois que le concept a aussi une base physiologique et motrice : tout ce à l'égard de quoi on réagit de la même manière, tombe sous un

même concept ; autant il y a de façons de réagir, autant il y a de concepts. Le concept n'est que la possibilité, désignée et provoquée par le mot, de nous rappeler toutes les expériences isolées desquelles il a progressivement pris naissance. Qu'est-ce, dans mon esprit, que le concept de carré ? C'est une incitation, une impulsion à rechercher dans tel objet qui se présente s'il possède les propriétés attachées au terme de carré : figure formée de quatre droites égales se coupant à angles droits, etc.

PHILALÈTHE. — Il me semble que vous avez reconnu de la sorte que la conception ou l'abstraction est un fait psychique d'autre nature que les simples phénomènes, puisque vous l'appelez « incitation », « impulsion », « possibilité de rappel », « réaction », vous la concevez comme une fonction, comme un acte.

Au surplus il y a une fonction psychique plus fondamentale encore peut-être et qui comprend toutes les autres. C'est la *perception*. Appelons perception ce que la conscience éprouve réellement ; elle diffère beaucoup de la simple somme des sensations ou phénomènes présents, et cela en vertu d'une activité propre de la conscience. Nous sommes environnés ici de divers bruits, roulements de chars, chants d'oiseaux, etc. Mais nous pouvons tour à tour remarquer que nous les percevons, ou bien cesser presque de les percevoir, en portant notre attention sur autre chose. Nous pouvons aussi saisir tous ces bruits comme un ensemble indifférencié, ou bien, toujours grâce à ce qu'on appelle l'*attention*, discerner dans cet ensemble diverses sortes de bruits ou de sons, analyser notre sensation globale. Il en est de même pour les autres sensations : espaces, durées, couleurs, etc. C'est à cause de ce mouvement de l'attention appliquée aux phénomènes que le bâton d'Hilarion nous a paru être, en tant que complexe de sensations élémentaires, quelque chose de fuyant et d'insaisissable. Car les phénomènes sont invariablement ce qu'ils sont, mais l'acte de les remarquer, de ne pas les remarquer, de les disjoindre en leurs parties ou de les saisir comme des touts, cet acte modifie la perception des phénomènes. Il est différent, en nature, des phénomènes sur lesquels il porte. Il n'est pas un phénomène, puisqu'il n'est pas saisi par les sens, et pourtant il est un fait aussi réel qu'eux, puisqu'il est donné à la conscience ou au « sens intérieur », comme on disait autrefois. C'est de la même manière que sont données les tendances affectives. L'activité fonctionnelle, c'est là ce qui fait de la conscience une réalité *sui generis*, différente du monde physique.

HILARION. — Cette activité fonctionnelle demeure pour qui vous entend quelque chose de bien vague. En quoi diffère-t-elle profondément d'un mouvement physique ?

PHILALÈTHE. — Oui, il faut essayer de la définir mieux. Elle me semble avoir deux aspects opposés, mais inséparables et complémentaires : activité de *sélection* et de *dissociation* d'une part, activité de *synthèse* d'autre part. La fonction psychique que nous appelons attention est plutôt dissociative, sélective ; la mémoire, la comparaison, la formation des concepts sont des actes plutôt de composition et de synthétisation. Mais l'un et l'autre aspects sont présents dans tout acte de conscience. Il y a longtemps que les philosophes ont signalé la fonction synthétique de la conscience. Mais c'est un psychologue de notre temps, James, qui a fait ressortir son activité de sélection, de choix. Le fait le plus banal et le plus fondamental de l'activité consciente, ce qu'on appelle *percevoir*, *faire attention*, c'est choisir, parmi la foule d'idées ou d'images qui se pressent, l'une d'elles que l'on retient et qu'on ne laisse pas échapper. La volonté elle-même consiste essentiellement dans l'acte d'attention.

MACHISTÈS. — Sans doute dans la volonté et l'attention il y a un choix, mais c'est comme dans l'héliotropisme ou le géotropisme des plantes, comme dans la chute de la pierre vers le sol. Toutes ces choses sont au même titre mystérieuses, ou compréhensibles.

PHILALÈTHE. — Il est vrai que toutes les données de l'expérience sont mystérieuses en elles-mêmes, mais ce n'est pas à dire qu'elles soient de même nature. La différence profonde qu'il y a entre un simple événement physique, la chute d'une pierre, et un fait de conscience, ce n'est pas précisément, comme on a coutume de le dire, que la pierre serait déterminée nécessairement à suivre la verticale, à tomber selon la loi connue d'accélération, tandis que la pensée de l'homme serait libre absolument. Non, car qui dit activité, et même activité spontanée de choix, ne dit pas encore activité libre. Mais nous admettons que les événements inorganiques sont, en chaque instant, la résultante entière et exacte de ce qu'on appelle les forces physico-chimiques en présence. Par exemple le mouvement d'un bateau à voile résulte complètement, passivement, de l'action du vent, de la réaction de l'eau sur la coque, etc. Il y a en chaque instant totalisation ou composition intégrale de phénomènes actuels; et tous les mouvements sont passifs. Au contraire dans les faits organiques il y a une influence, un résidu du passé, qui se manifeste sous forme d'appétition : ainsi la plante se tourne vers la lumière, s'adapte à son milieu en vertu d'une structure qu'elle a héritée. Et enfin dans les faits psychiques, une fonction de sélection, l'attention opère continuellement un choix entre les forces en présence et même entre les influences du passé. Pendant que vous m'écoutez, vous entendez à peine les bruits qui nous entourent; mais dans un instant peut-être la vue du paysage, ou une sensation de froid ou de fatigue, ou quelque souvenir surgi par association, détournera votre attention des

sensations auditives qui continueront cependant à parvenir à votre conscience avec moins de force. Le champ de la conscience est la plupart du temps trop rempli pour être présent tout entier. Il comporte un foyer clair, et une frange obscure qui l'environne. Et il y a un mouvement qui incessamment fait passer phénomènes et appétitions du foyer à la frange et inversément. Tout ceci a été trop bien décrit par Taine, par James, et par d'autres pour que j'insiste. Vous voyez, je pense, comment je conçois la différence entre l'âme et le corps et le critère du psychique.

MACHISTÈS. — Sachez que je ne nie point l'activité spontanée de la conscience. Je constate qu'en elle des faisceaux de représentations associées qui proviennent de faits antérieurs, s'entremêlent aux sensations actuelles; qu'avec la durée de notre vie augmente la richesse de ces liaisons associatives. J'ai cherché à expliquer cela par l'idée d'adaptation : Nous ne nous comportons pas passivement à l'égard des sensations, mais elles déclanchent une réaction biologique dont la suite naturelle est l'adaptation des idées aux faits sensibles. Si cette adaptation réussissait aussitôt parfaitement, le processus en resterait là, mais comme différentes idées imparfaitement adaptées entrent en conflit, le processus biologique se continue, et il se produit alors ce que je nomme adaptation des idées les unes aux autres. Je voudrais bien savoir quel est le processus du développement de la science, y compris les raisonnements logiques qui ne seraient pas inclus dans cette description ? J'ajoute que cette adaptation est économique, c'est-à-dire que la pensée scientifique tend à créer un système idéal où, d'un petit nombre de propositions simples, se déduisent les autres; toutes exprimant cependant adéquatement les relations des objets eux-mêmes.

PHILALÈTHE. — Il me semble que vous reconnaissez au

moins implicitement ma thèse, du moment que c'est par une activité spontanée de l'esprit que vous expliquez la science. Mais après cela, maintiendrez-vous votre point de vue moniste, et déclarerez-vous toujours que toute la vie psychique et toute la réalité se réduit aux seuls éléments sensibles?

Machistès. — Je pense qu'une conception unitaire du monde est seule compatible avec l'ordonnance d'un esprit sainement constitué. Or nulle part nous ne rencontrons un élément psychique qui soit tout à fait incomparable à la sensation, laquelle nous devons indubitablement considérer aussi comme étant un objet physique. Ayant donc résolu le monde matériel en éléments qui sont en même temps éléments du monde psychique (et comme tels appelés habituellement sensations), considérant de plus la recherche des connexions et de la dépendance mutuelle de ces éléments comme la tâche unique de la science, je suis fondé à appeler moniste le système édifié sur cette base, et à me croire délivré du fâcheux dualisme.

Philalèthe. — A mon sens il est contradictoire d'affirmer d'une part l'activité spontanée de l'esprit, les processus d'adaptation de la pensée, l'idéal d'économie de la science, et d'autre part de voir dans les phénomènes l'unique réalité. Les phénomènes sont une catégorie de données, mais l'appétition vitale et les fonctions mentales en sont deux autres non moins réelles et irréductibles à la première.

Hilarion. — Voilà l'opposition clairement déclarée. Monisme contre trialisme. Un contre trois! D'Horace ou des trois Curiaces, qui est le plus fort?

Philalèthe. — Je sais bien les avantages esthétiques et logiques de l'unité et du monisme sur la multiplicité et le pluralisme. Mais j'ai assez dit pourquoi le trialisme me paraît rendre mieux compte de l'expérience donnée. D'ailleurs admettre trois sortes de réalités,

le physique, le vital et le psychique, ce n'est pas opérer une rupture violente de l'expérience en trois morceaux. Il y a hiérarchie, progression continue et peut-être formes de passage entre les trois sortes d'êtres. Ainsi des espèces animales distinctes, par exemple le cheval et l'âne, sont phylogénétiquement irréductibles l'une à l'autre; mais nous connaissons des hybrides et des espèces intermédiaires, le mulet, l'hémione, l'onagre, qui les relient et les apparentent. Le physique n'est fait que d'éléments sensibles, qualités, images ou phénomènes, liés entre eux par des relations constantes. Mais insinuez dans les phénomènes chimiques les plus complexes la propriété de conserver d'états passés des traces qui tendent à se reproduire et se manifestent sous forme d'appétition, et vous avez le monde de la vie. Accordez maintenant aux êtres vivants supérieurs la faculté de choisir, de retenir, de combiner les images et les appétitions, et vous constituez le monde psychique.

Prenons maintenant les choses en sens inverse. C'est le monde psychique qui a l'existence la plus riche et la plus complexe, puisqu'il comprend les trois sortes de réalités, images, appétitions, conceptions. Laissez s'endormir chez un être conscient l'activité mentale, attention, mémoire, comparaison, abstraction, son existence se rapprochera beaucoup de celle des êtres vivants inférieurs, dont la conscience est torpide et qui sont livrés à leurs seuls appétits. Supprimez enfin dans un organisme inférieur l'accumulation mnémonique qui est le fondement de sa tendance vitale, son existence se confondra avec celle d'un corps physico-chimique. Le monde physique, enfin, est le plus pauvre, il ne possède que l'existence phénoménale. Les corps bruts, peut-on dire, dorment perpétuellement d'un sommeil sans rêve. Ils sont sans mémoire comme sans appétits. Tous leurs mouvements sont passifs;

leur existence est toujours tout entière dans l'instant présent.

Hilarion. — Vous divisez donc la nature en trois règnes hiérarchisés, tandis que Machistès n'y veut voir que le seul règne des phénomènes. Mais entre ce trialisme et ce monisme je ne choisis point, et je veux plutôt les rapprocher en leur opposant à tous deux le dualisme. Je remarque que votre pensée, Machistès, s'est heurtée souvent à une dualité, à des dichotomies, et que vous n'avez pas toujours pu les surmonter, ni les réduire. Ainsi vous avez dit que la science découvre les *relations* entre les *phénomènes*. Je vois là déjà le dualisme des phénomènes et de leurs relations. Vous dites encore : La science saisit la dépendance des expériences *externes* et *internes* de l'homme. Ainsi l'expérience est dédoublée en deux moitiés opposées ? Quand vous critiquez les concepts accouplés : moi et monde, âme et corps, esprit et matière, vous dites qu'ils sont bons pour la connaissance vulgaire et la vie pratique, mais qu'une connaissance supérieure et désintéressée doit les rejeter. Ainsi vous n'écartez un dualisme qu'en en introduisant un autre, celui de la connaissance *pratique* opposée à la *théorie*.

Quant à vous, Philalèthe, vous avez découvert dans votre conscience trois sortes d'expériences irréductibles : sensations pures, appétitions, fonctions mentales ; et vous faites une philosophie en appliquant à l'univers cette psychologie. Mais ne voyez-vous pas qu'un abîme sépare votre première catégorie des deux autres et crée un dualisme ? En effet les phénomènes sont à tout le monde, puisqu'ils sont le monde, extérieur et physique. Mais d'appétitions et de conceptions vous ne pouvez connaître directement que les vôtres propres ; celles des autres êtres vivants et conscients, vous les postulez, vous les inférez d'après leurs actions et leurs paroles. Or ces sons de voix et ces mouvements dans l'espace ne sont que des phénomènes et ne ressemblent nullement en eux-mêmes aux tendances affectives et aux opérations mentales qu'ils dénotent. Si donc vous réalisez vos inférences, posant l'existence d'une Appétition vitale à la base du monde vivant, et d'une Activité fonctionnelle à la base du monde conscient, vous joignez implicitement deux termes en opposition fondamentale : la réalité perceptible par les sens, et la pensée. Et nous retombons de la sorte dans le dualisme traditionnel.

Philalèthe. — Cette argumentation, cher Hilarion, nous entraîne sur un terrain nouveau. Jusqu'ici la question examinée était ontologique : Y a-t-il seulement une ou bien plusieurs sortes de réalités et quelles sont-elles ? J'ai dit pourquoi je ne puis recevoir le monisme et quelles me semblent être les trois catégories irréductibles du réel. Mais vous soulevez une autre question : toute connaissance, toute science n'implique-t-elle pas deux termes opposés, le sujet connaissant et l'objet connu ? Evidemment le problème de l'être et celui du connaître se tiennent de près ; car il est de l'essence de la réalité d'être connue. La philosophie a pourtant le droit de les traiter séparément. Et peut-être ne ferais-je aucune difficulté à être dualiste en théorie de la connaissance, tout en maintenant une ontologie trialiste. Cela est-il admissible ? Je le crois, car la catégorie du Vital, intermédiaire entre le Physique et le Psychique, peut être rapprochée plus étroitement soit de l'un soit de l'autre selon le point de vue : Les êtres vivants sont des corps du monde physique, mais le principe vital, l'appétition n'est saisie que par introspection et établie dans sa généralité par une opération de la pensée, une induction. C'est ainsi qu'il y aurait trois catégories de réalités, et seulement deux points de vue de l'esprit.

Il faudrait creuser plus profondément ces choses et

leur existence est toujours tout entière dans l'instant présent.

Hilarion. — Vous divisez donc la nature en trois règnes hiérarchisés, tandis que Machistès n'y veut voir que le seul règne des phénomènes. Mais entre ce trialisme et ce monisme je ne choisis point, et je veux plutôt les rapprocher en leur opposant à tous deux le dualisme. Je remarque que votre pensée, Machistès, s'est heurtée souvent à une dualité, à des dichotomies, et que vous n'avez pas toujours pu les surmonter, ni les réduire. Ainsi vous avez dit que la science découvre les *relations* entre les *phénomènes*. Je vois là déjà le dualisme des phénomènes et de leurs relations. Vous dites encore : La science saisit la dépendance des expériences *externes* et *internes* de l'homme. Ainsi l'expérience est dédoublée en deux moitiés opposées ? Quand vous critiquez les concepts accouplés : moi et monde, âme et corps, esprit et matière, vous dites qu'ils sont bons pour la connaissance vulgaire et la vie pratique, mais qu'une connaissance supérieure et désintéressée doit les rejeter. Ainsi vous n'écartez un dualisme qu'en en introduisant un autre, celui de la connaissance *pratique* opposée à la *théorie*.

Quant à vous, Philalèthe, vous avez découvert dans votre conscience trois sortes d'expériences irréductibles : sensations pures, appétitions, fonctions mentales ; et vous faites une philosophie en appliquant à l'univers cette psychologie. Mais ne voyez-vous pas qu'un abîme sépare votre première catégorie des deux autres et crée un dualisme ? En effet les phénomènes sont à tout le monde, puisqu'ils sont le monde, extérieur et physique. Mais d'appétitions et de conceptions vous ne pouvez connaître directement que les vôtres propres ; celles des autres êtres vivants et conscients, vous les postulez, vous les inférez d'après leurs actions et leurs paroles. Or ces sons de voix et ces mouvements dans l'espace ne sont que des phénomènes et ne ressemblent nullement en eux-mêmes aux tendances affectives et aux opérations mentales qu'ils dénotent. Si donc vous réalisez vos inférences, posant l'existence d'une Appétition vitale à la base du monde vivant, et d'une Activité fonctionnelle à la base du monde conscient, vous joignez implicitement deux termes en opposition fondamentale : la réalité perceptible par les sens, et la pensée. Et nous retombons de la sorte dans le dualisme traditionnel.

Philalèthe. — Cette argumentation, cher Hilarion, nous entraîne sur un terrain nouveau. Jusqu'ici la question examinée était ontologique : Y a-t-il seulement une ou bien plusieurs sortes de réalités et quelles sont-elles ? J'ai dit pourquoi je ne puis recevoir le monisme et quelles me semblent être les trois catégories irréductibles du réel. Mais vous soulevez une autre question : toute connaissance, toute science n'implique-t-elle pas deux termes opposés, le sujet connaissant et l'objet connu ? Evidemment le problème de l'être et celui du connaître se tiennent de près ; car il est de l'essence de la réalité d'être connue. La philosophie a pourtant le droit de les traiter séparément. Et peut-être ne ferais-je aucune difficulté à être dualiste en théorie de la connaissance, tout en maintenant une ontologie trialiste. Cela est-il admissible ? Je le crois, car la catégorie du Vital, intermédiaire entre le Physique et le Psychique, peut être rapprochée plus étroitement soit de l'un soit de l'autre selon le point de vue : Les êtres vivants sont des corps du monde physique, mais le principe vital, l'appétition n'est saisie que par introspection et établie dans sa généralité par une opération de la pensée, une induction. C'est ainsi qu'il y aurait trois catégories de réalités, et seulement deux points de vue de l'esprit.

Il faudrait creuser plus profondément ces choses et

analyser ces rapports de plus près. Mais les recherches philosophiques n'ont point de fin; remettons donc la suite à un autre entretien, s'il vous plait, et pour l'heure

Qu'en paix chacun chez soi s'en aille.

NOTES

Afin de ne pas interrompre par des notes le cours du dialogue qui précède, on a groupé ici, par pages, toutes les références concernant ce dialogue.

Pages
330 Année psychologique 1906, p. 303, 304.
331 « Scientia » 1910, XIV, supplém. 135. Conn. 17.
332 Conn. 20. Année psycholog. 1906, 308.
333 Erk. 13 n. Anal. 28, 294,
334 Erk. 10. Conn. 23. « Scientia » 1910, 138. Ann. psychol. 310.
335 Conn. 23, 145.
336 Ann. psych. 311-312. « Scientia » 138. Erk. 14 n. Anal. 4.
337 Méc. 477.
338 Anal. 200. Conn. 331, 334, 340.
339 Conn. 383. Erk. 460, 461. Conn. 361.
340 Anal. 300. Conn. 26, 28.
341 Anal. 296.
342 Conn. 34.
343 A. France, *La Vie littéraire*, 1888, p. 335.
344 Conn. 35, 53. Méc. 433, 434.
345 F. Houssay, *Nature et sciences naturelles*, 173.
346 E. Rignano, *Psychologie du raisonnement*.
349 Anal. 195, 194, 81. Conn. 43.
350 Rignano, Ibid. 58.
351 Conn. 55, 57, 51.
352 Conn. 34.
353 Conn. 119. Anal. 265. Wärmel. 397.
354 Wärmel. 417, 418. « Scientia » 139.
355 J. Benda, *Le Bergsonisme*, p. 71.
356 Conn. 77, 78. Ebbinghaus, *Précis de psychologie*.
357 Anal. 297. Conn. 49.
358 Anal. 169, 255.

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE

BIBLIOGRAPHIE

1. Œuvres d'Ernst Mach

Afin d'alléger cette liste, divers petits écrits ou notes sans importance, collaborations avec des élèves, préfaces à divers ouvrages, articles en langues étrangères ont été omis ou indiqués en abrégé. Cf. la Bibliographie dans H. Henning, *Ernst Mach als Philosoph...*, Leipzig 1915.

Ueber die Aenderung des Tones und der Farbe durch Bewegung. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, Bd. 41. Wien 1860.
Ueb. das Sehen von Lagen durch Bewegung des Auges. Sitzb. Ak. W. 43 II. 1861.
Ueb. d. Molekularwirkung d. Flüssigkeiten. Sitzb. Ak. W. 45 II, 46 II. 1862.
Compendium der Physik für Mediziner, Wien 1862.
Ueb. d. Gesetze des Mitschwingens. Sitzb. Ak. W. 46 II, 47 II, 1862-63.
Vorträge über Psychophysik. Oesterreich. Zeitschr. f. prakt. Heilkunde, 1863.
Theorie des Gehörorgans. Sitzb. Ak. W. 48 II, 1863.
Ueb. einige Erscheinungen der physiologischen Akustik. Ibid. 50 II, 1864.
Ueb. den Zeitsinn des Ohres. Ibid. 51 II, 1865.
Ueb. d. Wirkung der räumlichen Verteilung des Lichtreizes auf d. Netzhaut. Ibid. 52 I, II, 1865.
Raum und Zeit. Zeitschr. für Philosophie, Bd. 46, 1865.
Einleitung in die Helmholtzsche Musiktheorie. Gratz 1866. 98 p.
Ueb. d. physiologische Wirkung räumlich verteilter Lichtreize. Sitzb. Ak. W. 54 II, 1866, 57 II, 1868.
Note üb. den zweiten Hauptsatz der mechanischen Warmetheorie. Lotos, Feb. 1871.
Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit. Prag 1872. 58 p.
Optisch-akustiche Versuche. Prag 1873. 110 p.
Zur Geschichte des Arbeitsbegriffes. Sitzb. Ak. W. 68 II, 1873.
Physikalische Versuche üb. den Gleichgewichtsinn des Menschen. Ibid. 68 III, 69 II, 69 III. 1873-74.

Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig 1875. 127 p.
Travaux en collaboration sur: Propagation du son, fonction du tympan, accommodation mécanique de l'oreille, vitesse de la lumière dans le quartz, interférences avec la lumière polarisée, propagation des ondes explosives, bris du verre par l'étincelle électrique, différence des deux états électriques, etc. Sitzb. Ak. W. 1872-1879.
Sur les ondes produites par les étincelles électriques. Séances Soc. de Physique, Paris 1881.
Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch kritisch dargestellt. Leipzig 1883. VII-483 p. — 7e éd. 1912, 576 p.
Beiträge zur Analyse der Empfindungen. Iena 1886. 168 p.
Divers travaux sur : Réflexion totale et dispersion anomale, photographie de projectiles dans l'air, propagation des ondes d'explosion, interférences d'ondes sonores, examen optique du rayonnement dans l'air, histoire et critique du principe de Carnot, etc. Sitzb. Ak. W. 1885-1889, 1892.
Grundriss der Naturlehre f. d. oberen Classen der Gymnasien. 1891. 315 p.
Leitfaden der Physik. Prag u. Wien 1891. 315 p.
Popular scientific lectures. Chicago 1895. 332 p.
Die Principien der Wärmelehre. Leipzig 1896. 472 p.—2e éd. 1910. 508 p.
Populär-wissenschaftliche Vorlesungen, Leipzig 1896. — 4e éd. 1910. 508 p.
Grundriss der Physik f. höhere Schulen. Leipzig 1876. 189 p.
Bemerkungen üb. die historische Entwicklung der Optik. Poske's Zeitschr. für physik. u. chem. Unterricht. XI 1898.
Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen (2e éd. refondue) Iéna 1900. — 8e éd. 1919. 316 p.
Space and Geometry. The Monist, oct. 1903.
La Mécanique, exposé historique et critique de son développement. Trad. franç. d'apr. la 4e éd. allem. par Emile Bertrand Paris 1904. 483 p.

Erkenntnis und Irrtum, Skizzen zur Psychologie der Forschung. Leipzig 1905. — 2e éd. 1906. 463 p.
Sur le rapport de la Physique avec la Psychologie. Année Psycholog. XII, Paris 1906, p. 303-313.
La Connaissance et l'Erreur, trad. franç. d'apr. la 2e éd. allem. par le Dr M. Dufour. Flammarion 1908. 388 p.
Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftl. Erkenntnislehre (publ. av. la trad. franç. : Les idées directrices de ma théorie de la connaissance scientifique). « Scientia » 1910 XIV, p. 225-240.
Sinnliche Elemente u. naturwissenschaftl. Begriffe. Archiv f. d. gesammte Physiologie, Bd. CXXXVI. 1911.
Psychisches u. organisches Leben. Oesterreich. Rundschau, 29, 1.
Inventors I have met. The Monist XXII 2, apr. 1912.
Kultur und Mechanik. Stuttgart 1915. 86 p.
Einige vergleichende tier- und menschenpsychologische Skizzen. Naturwissenschaftl. Wochenschrift, Iena, Nr. 17, 23 Apr. 1916, p. 241-247.
Die Prinzipien der physikalischen Optik historisch und erkenntnispsychologisch entwickel. Leipzig 1921. 442 p.

2. Ouvrages sur Mach

J. Baumann. — Mach's philosophische Ansichten. Archiv für systemat. Philosophie, IV, 1898, V, 1899, VII, 1901.
R. Willy. — Die Krisis der Psychologie. Leipzig, 1899.
E. Lucka. — Das Erkenntnisproblem und Mach's Analyse der Empfindungen. Kantstudien, VIII, 1903.
Honigswald. — Zur Kritik der Mach'schen Philosophie. Berlin, 1903.
Th. Beer. — Die Weltanschauung eines modernen Naturforschers. Dresde, 1903.
H. Kleinpeter. — Kant u. die naturwissenschaftliche Erkenntnis der Gegenwart. Kantstudien, VIII, 1903.
H. Kleinpeter. — Zur Erkenntnistheorie der Naturforschung der Gegenwart am Grunde der Anschauungen von Mach, Stallo, Clifford, Kirchhoff, Hertz, Pearson, Ostwald. Leipzig, 1905.

P. Carus. — Professor Mach's philosophy. The Monist, Chicago, july 1906.
A. Rey. — La Théorie de la physique chez les physiciens contemporains. Alcan, 1907.
H. Hoeffding. — Philosophes contemporains. Trad. Tremesaygues. Alcan, 1907.
B. Hell. — Mach's Philosophie. Stuttgart, 1907.
Reinhold Schultz. — Die Mach'sche Erkenntnistheorie. Berlin, 1907.
R. Musil. — Zur Beurteilung der Lehre Machs. Berlin, 1908.
L. Nelson. — Ist metaphysikfreie Naturwissenschaft möglich ? Göttingen, 1908.
J. Classen. — Vorlesungen über moderne Naturphilosophen. Hamburg, 1908.
A. Aliotta. — Ernesto Mach. Cultura filosofica. 1908, p. 120-138.
M. Planck. — Die Einheit des physikalischen Weltbildes. Leipzig, 1909.
P. Natorp. — Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften. Leipzig, 1909.
H. Buzello. — Kritische Untersuchung von E. Mach's Erkenntnistheorie. Berlin, 1911.
R. Berthelot. — Un Romantisme utilitaire I. Alcan, 1911.
P. Carus. — Professor Mach and his work. The Monist, janv. 1911.
Kleinpeter. — Pragmatismus im Lichte der Mach'schen Erkenntnislehre. Wissenschaftliche Rundschau, 1911-1912.
M. Rudajew. — Mach und Hume. Heidelberg, 1913.
H. Henning. — Ernst Mach als Philosoph, Physiker und Psycholog. Leipzig, 1915.
W. Jerusalem. — E. Mach und der internationale Gedanke. Internat. Rundschau. Zurich, 15 Apr. 1916.
W. Jerusalem. — Ernst Mach. Die Zukunft. Berlin, 24 Juni 1916.
A. Einstein. — Ernst Mach. Physikalische Zeitschr. Leipzig, Apr. 1916.
A. Lampa. — Ernst Mach. Prag, 1918.
H. Bahr. — Bilderbuch. Wien, 1921 (p. 35-41).

INDEX

TABLE DES MATIÈRES

Voir les sommaires en tête de chaque chapitre

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE ET D'ÉDITION
RUE DE LA BERTAUCHE, I, SENS.